



Universidad
Zaragoza

Trabajo Fin de Grado

Diseño de una gafa de prevención de riesgos laborales
en el entorno de un laboratorio químico

Autor/es

Alba Herrero Gracia

Director/es

Juan Antonio Peña Baquedano

Facultad de Ciencias / Grado en Óptica y Optometría
2019-2020

TABLA DE CONTENIDO

OBJETIVOS.....	1
ABREVIATURAS	1
INTRODUCCIÓN	1
DESCRIPCIÓN DEL PLANTEAMIENTO DEL TRABAJO.....	1
1. DEFINICIÓN DE CRITERIOS DE SEGURIDAD DE GAFAS EN LABORATORIOS QUÍMICOS	2
1.1. EPI.....	2
2. ESTUDIO ADAPTABILIDAD GAFAS DE SEGURIDAD A DIFERENTES DEFECTOS VISUALES.....	3
2.1. MEDIDAS DE LAS MONTURAS.....	3
2.2. MEDIDAS FACIALES.....	8
2.3. ESTANDARIZACIÓN DE LAS MEDIDAS DE LAS MONTURAS	9
2.4. ADAPTACIÓN A DIFERENTES PRESCRIPCIONES	11
3. DEFINICIÓN CARACTERÍSTICAS GAFA POLIVALENTE DE SEGURIDAD EN ENTORNO DE UN LABORATORIO QUÍMICO.....	12
3.1. TIPOS GAFAS DE PROTECCIÓN	12
3.2. ELECCIÓN TIPO DE MONTURA.....	13
4. MODELADO DE LAS PARTES DE LA GAFA	14
4.1. DEFINICIÓN DEL OBJETO.....	14
4.2. EVALUACIÓN BOCETOS GAFAS Y PROTECTORES.....	15
4.3. DESISIÓN DE BOCETO PARA MODELAR	17
4.4. EVALUACIÓN BOCETOS PROTECTORES NARIZ.....	17
4.5. ESCANEAR EN 3D MONTURAS UNIVERSALES	18
4.6. ESCANEAR EN 3D ROSTROS.....	18
4.7. MODELADO DEL PRODUCTO	19
5. ELABORACIÓN PROTOTIPO MEDIANTE IMPRESIÓN 3D	19
6. PRUEBAS FUNCIONALES	19
6.1. ALINEAMIENTO DE LA MONTURA.....	20
RESULTADOS OBTENIDOS	20
CONCLUSIONES Y DISCUSIÓN	24
BIBLIOGRAFÍA Y WEBGRAFÍA	25
ANEXO I. INSTRUMENTAL/EQUIPOS DE TRABAJO EN EL QUE ES OBLIGATORIO USAR GAFA DE SEGURIDAD.....	26
ANEXO II. REQUISITOS ÓPTICOS	27
ANEXO III. REQUISITOS GEOMÉTRICOS	28
ANEXO IV. MEDIDA DE MONTURAS	29
ANEXO V. BOCETOS.....	30
ANEXO VI. MEDIDAS PROTECTOR DE REFERENCIA	33
ANEXO VII. MEDIDAS UTILIZADAS PARA EL PROTECTOR DE NARIZ	34
ANEXO VIII. ENCUESTA EVALUACIÓN REQUISITOS PROTECTOR.....	35
ANEXO IX. ALINEAMIENTO DE LA MONTURA.....	37
ANEXO X. MARCADO GAFAS DE PROTECCIÓN DE MONTURA UNIVERSAL Y ENSAYOS.....	38
ANEXO XI. NORMATIVA (CTN 45).....	42

OBJETIVOS

1. Definición de criterios de seguridad de gafas en laboratorios químicos.
2. Estudio adaptabilidad gafas de seguridad a diferentes defectos visuales.
3. Definición características gafa polivalente de seguridad en entorno de un laboratorio químico.
4. Modelado de las partes de la gafa.
5. Elaboración prototipo mediante impresión 3D.
6. Pruebas funcionales.

ABREVIATURAS

EPI: Equipo de Protección Individual

DNP: Distancia Nasopupilar

INTRODUCCIÓN

La idea de este proyecto surge de la observación, a lo largo del Grado, de que tener que llevar las gafas de protección con las gafas graduadas convencionales en el laboratorio químico es muy incómodo. Posteriormente, al diseñar una montura en la asignatura de *Herramientas Gráficas y Diseño Óptico*, se vio factible crear una gafa graduada de prevención de riesgos laborales de un laboratorio químico para solucionar el problema expuesto, de manera que no sea necesario tener que llevar las gafas comunes.

Para diseñar y adaptar monturas es preciso controlar dos aspectos fundamentales: cómo son y cómo se utilizan. Esto implica conocer sus características de forma, dimensiones, componentes y materiales; los usuarios a quienes van dirigidas, así como sus dimensiones y forma facial; y aquellos otros parámetros relativos a cómo serán utilizadas dichas monturas¹. Por eso, esto es lo primero que se va a hacer.

El diseño de un producto es un proceso complejo y ordenado en el que hay 3 grandes bloques: el diseño, la definición y el proceso. En ellos, se siguen los siguientes pasos hasta llegar al resultado final: definición del objeto (croquis, bocetos, ideas, representación exacta, etc.), definición del proceso de fabricación y preparación del utillaje necesario para su manufacturación (pruebas previas, revisiones, montaje, ensayos, marcado, presentación, etc.) y definición de las vías comerciales de promoción y distribución¹. Este proyecto se centra únicamente en la definición del objeto por motivos de la actual crisis de salud pública (COVID-19).

Además, entre los elementos que debe satisfacer un buen diseño destacan la funcionalidad, la técnica y la estética. Esta última está potenciada por el factor moda y el actual factor de reflejo e imagen de la personalidad y categoría social¹. Este proyecto se va a centrar en los aspectos funcionales y técnicos, como objeto de soporte de unas lentes oftálmicas correctoras.

DESCRIPCIÓN DEL PLANTEAMIENTO DEL TRABAJO

Como se ha comentado en la introducción, en primer lugar, se van a analizar los requisitos de seguridad que debe cumplir una gafa de protección en un laboratorio químico, la adaptabilidad a diferentes defectos refractivos, y las características que la definen para poder modelarla e imprimirla en 3D correctamente, y con ello, poder realizar las pruebas funcionales oportunas que proporcionen la información necesaria para saber si se han cumplido los requisitos necesarios.

1. DEFINICIÓN DE CRITERIOS DE SEGURIDAD DE GAFAS EN LABORATORIOS QUÍMICOS

Por sus propias características, el trabajo en laboratorios químicos presenta una serie de riesgos, de origen y consecuencias muy variadas, relacionados fundamentalmente con los productos que se manipulan, las propias instalaciones del laboratorio y las operaciones que en ellos se realizan². Por todo ello, para trabajar en este lugar, es fundamental conocer de antemano las medidas de seguridad, entre las que se encuentra el uso de gafas de protección.

Estas, según la Unidad de Prevención de Riesgos Laborales de la Universidad de Zaragoza, deben ser utilizadas, como criterio básico de conducta, en dichos entornos de trabajo para protegerse de los siguientes riesgos: golpes o cortes por objetos o herramientas; proyección de fragmentos, partículas o líquidos; contactos térmicos (manipulación líquidos criogénicos); contacto con sustancias cáusticas y/o corrosivas; exposición a radiaciones (ultravioleta, radiaciones ionizantes); enfermedades profesionales causadas por agentes químicos; etc.²

Es obligatorio utilizarlas cuando se manejan las siguientes sustancias (o lo hace un compañero): materiales criogénicos; agentes biológicos clasificados en el grupo de riesgo 2 (con riesgos para la salud); material de vidrio a presión reducida o elevada; explosivos; sustancias cáusticas, irritantes o corrosivas; materiales radiactivos; sustancias químicas tóxicas o nocivas; sustancias carcinogénicas; materiales inflamables; etc.²

Además, es obligatorio llevarlas cuando se realizan las siguientes operaciones (o las hace un compañero): trasvases de líquidos, fusión, taladrado, lijado/triturado, serrado, traslado de recipientes; y cuando no sea posible apantallar completamente la radiación láser, ultravioleta, o evitar totalmente las reflexiones. Se debe tener en cuenta que este equipo de protección no proporciona una protección absoluta, por lo que nunca debe enfrentarse el láser a los ojos². Con todo ello, es de obligado cumplimiento usar gafas de seguridad con el 86.11%² (Anexo I) de los equipos de trabajo o instrumentos de un laboratorio químico.

En consecuencia, se puede destacar la gran importancia que tiene de este tipo de gafa, y que se trata de un Equipo de Protección Individual (EPI), al cual hay que recurrir siempre que no exista la certeza de que los medios de protección colectivos ofrecen el máximo de seguridad² (este término se definirá en el siguiente apartado).

Centrándonos en el objetivo de este proyecto, las personas cuya visión requiere el uso de lentes correctoras deben utilizar uno de los siguientes tipos: gafas de seguridad con lentes protectoras graduadas (el objeto de este proyecto); gafas de protección ocular que se puedan llevar sobre las gafas graduadas sin que perturben el ajuste de las mismas; o lentes de contacto protegidas con una gafa de protección de montura tipo integral (los tipos de monturas de prevención se explicarán más adelante), aunque su uso está desaconsejado².

1.1. EPI

Un EPI es un elemento llevado o sujetado por el trabajador que le protege de uno o varios riesgos. Este se usará sólo en caso de no ser posible eliminar completamente el riesgo o no disponer de una protección colectiva. Su utilización está regulada por el RD 733/95 *Utilización de Equipos de Protección Individual*³.

Este, refiere que todos los EPI's deben estar debidamente certificados y deben disponer del marcado CE en su estructura como garantía de que cumplen los requisitos de dispositivo de protección. Además, se debe elegir el EPI adecuado a cada riesgo, y el uso, almacenamiento y mantenimiento de

estos se debe realizar siempre de acuerdo a las instrucciones dadas por el fabricante en el folleto informativo. En el momento en el que el usuario considere que un EPI ya no está en condiciones adecuadas de uso, debe comunicárselo a su inmediato superior para su reposición. Asimismo, se deben sustituir de inmediato los EPI's defectuosos o caducados³.

2. ESTUDIO ADAPTABILIDAD GAFAS DE SEGURIDAD A DIFERENTES DEFECTOS VISUALES

Antes de estudiar la adaptabilidad de las gafas de protección a diferentes prescripciones, se debe observar la adaptabilidad de éstas al rostro humano, es decir, hay que analizar las medidas faciales y las medidas de las monturas porque éstas se diseñan teniendo en cuenta las características faciales de los individuos que las van a portar, puesto que deben sujetarse en la cara del usuario permitiendo el correcto posicionamiento de las lentes correctoras oftálmicas. Posteriormente, se van a estandarizar dichas medidas para poder acotar los bocetos que se van a realizar y, por tanto, el diseño.

Se debe conocer también, antes de analizar la adaptabilidad a diferentes defectos refractivos, que todos los protectores oculares y filtros sin graduar deben ser del tipo de la Categoría II, salvo los destinados a la protección contra radiaciones ionizantes, riesgos eléctricos o para trabajos en ambientes calurosos, de temperatura superior a 100°C (con o sin radiación de infrarrojos, llamas o proyecciones de materiales en fusión), que deben ser de Categoría III².

Por otro lado, los oculares graduados deben ser de la Categoría I², y, en estos, la potencia frontal de la lente/ocular debe cumplir la norma ISO/DIS 8980-1 e ISO/DIS 8980-2. La norma ISO 8980-1 especifica los requisitos y los métodos de verificación de las propiedades ópticas (Anexo II⁴) y geométricas (Anexo III⁴) de las lentes terminadas monofocales y multifocales sin biselar; y la norma ISO 8980-2, de las lentes con variación de potencia⁴.

Concretando, entre los requisitos ópticos se especifican las tolerancias que se deben aplicar en función del rango al que corresponda tal potencia de verificación (Anexo II⁴) y entre los requisitos geométricos, las tolerancias que se deben aplicar en tamaño y espesores (Anexo III⁴).

2.1. MEDIDAS DE LAS MONTURAS

Como se ha comentado, es importante conocer las medidas de las monturas y las medidas faciales antes de definir el objeto porque en dichas gafas deberán montarse dos lentes oftálmicas para un usuario concreto, con medidas faciales determinadas, que deben estar en consonancia con las dimensiones de la montura¹.

Además, el tamaño y la forma de una lente deben ser sustancialmente iguales al tamaño y la forma de la abertura del aro de la montura para que queden retenidas⁵. De ahí, que los parámetros a estudiar para diseñar monturas sean los siguientes: diámetro mínimo abertura, forma, carril para el bisel, espesor del aro, etc.

Las lentes deben quedar retenidas de forma segura en la montura para que no pueda producirse el movimiento o la rotación de éstas en cualquier condición de utilización. No debe existir hueco visible entre el borde de la lente y el aro. Asimismo, las mitades de los bloques de cierre deben unir adecuadamente sin ninguna fuerza indebida o sin dejar un hueco apreciable en la unión de los bloques. Por tanto, las lentes montadas no deben mostrar ninguna birrefringencia de tensión significativa cuando se examinan en un polariscopio o tensiscopio⁶.

Para analizar las medidas de las monturas resulta imprescindible conocer los sistemas normalizados de medida de estas. Existen sistemas tanto a nivel nacional como internacional, y se definen como normas que facilitan la relación entre diseñadores, fabricantes y profesionales.

La normalización en este campo está reflejada en la norma UNE-EN-ISO 8624: 2011 “*Montura de gafas. Sistemas de medida y terminología*”, de aplicación internacional. Hace referencia a los componentes y a su denominación, y prevé la unificación de las medidas¹. Los componentes son los elementos que confieren carácter a la montura y por ello, se tienen en cuenta según su forma y posición. Entre los componentes principales, se pueden destacar el aro, puente, varillas y charnelas. Y entre los suplementarios, los complementos de decoración, terminales de varilla, plaquetas nasales, embellecedores y elementos de montaje¹.

Actualmente, existen tres sistemas normalizados de acotación de las monturas: el sistema Boxing, Datum y Gomac¹.

El sistema Boxing es el propuesto en la norma internacional UNE-EN ISO 8624: 2011, por ello, es el sistema en que se va a basar este proyecto para la acotación de monturas. Además, es el que utilizan los fabricantes de monturas. Este sistema (Figura 1) queda definido por las medidas: [a-d]. Tiene en cuenta las medidas globales del calibre, su altura y ancho máximos, conformando una caja de referencia. El sistema Datum hace la referencia de medidas en el eje horizontal, independientemente de las medidas extremas de cada calibre, lo que lo hace óptimo para su uso en el montaje de las gafas en el taller. En cuanto al sistema Gomac, puede decirse que tiene medidas del boxing y del datum, es un compendio entre los dos sistemas, resultado del acuerdo de los ópticos de la CEE¹.

A la hora de empezar a estudiar los parámetros de las monturas para diseñarlas, en primer lugar, hay que tener en cuenta los siguientes términos, definiciones y símbolos para la determinación de las dimensiones del frente de la gafa:

- Centro del encuadre, C: Intersección de la línea central horizontal y de la línea central vertical del encuadre rectangular que circunscribe a la forma de la lente (Figura 1)⁵.
- Tamaño horizontal de la lente encuadrada; tamaño horizontal de la lente, a: Distancia entre los lados verticales del encuadre (Figura 1)⁵.
- Tamaño vertical de la lente encuadrada; tamaño vertical de la lente, b: Distancia entre los lados horizontales del encuadre (Figura 1)⁵.
- Distancia entre centros del encuadre; distancia entre centros, c (Figura 1). Es deducible de a y de d, ya que $c = a + d$ ⁵.
- Distancia entre lentes, d: Distancia horizontal entre los lados verticales nasales de los rectángulos de encuadre que circunscriben las formas de la lente derecha e izquierda (Figura 1)⁵.
- Longitud global de la patilla, l: Longitud desde la intersección del eje del tornillo pasador con el plano medio de la articulación hasta el extremo de la patilla y paralela a la línea central de la misma, habiendo sido enderezada la sección final doblada (Figura 2)⁵. Ésta debe ser lo suficientemente larga como para que las gafas queden situadas cómodamente sobre las orejas, para ello, la curvatura de la varilla debe coincidir con el nacimiento de la oreja¹.

En el caso de patillas sin articulación, la patilla se debe mantener abierta en $(90^{\circ} \pm 5^{\circ})$ ° respecto al frente o a la parte de la patilla destinada a sujetarse al frente, y la medición de la longitud es desde el extremo de la patilla hasta el frente menos 10mm (Figura 3)⁵.

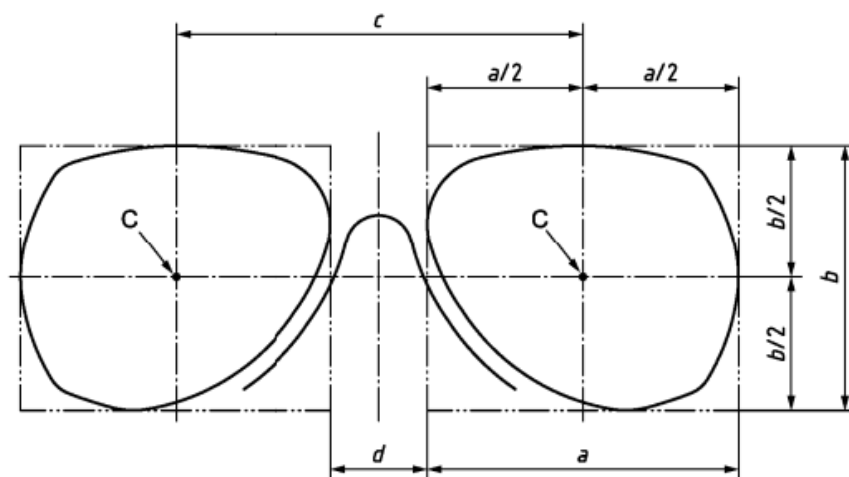
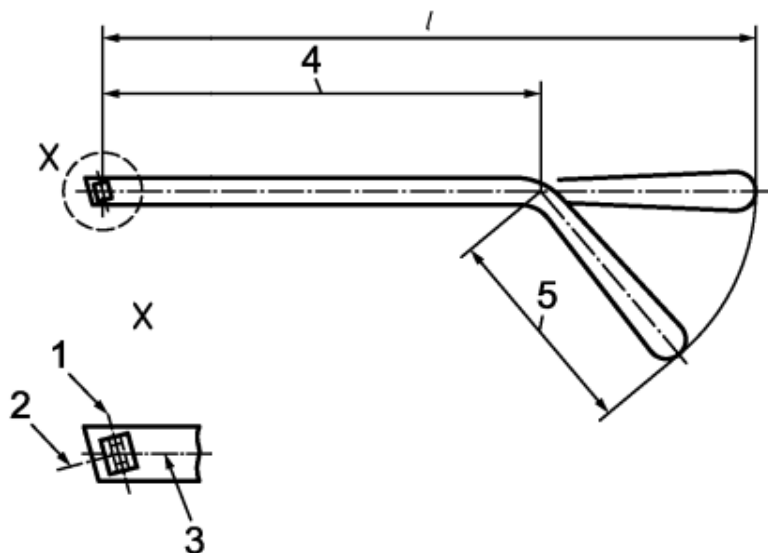


Ilustración 1: Mediciones relativas a las monturas de gafas. Frentes de gafas⁵.



Leyenda

- 1 Eje de la bisagra o eje del tornillo pasador
- 2 Plano medio de la articulación
- 3 Línea central de la patilla
- 4 Longitud hasta el codo (véase el anexo A)
- 5 Longitud de la sección final acodada de la patilla (véase el anexo A)
- l Longitud de la patilla

Ilustración 2: Mediciones relativas a monturas de gafas. Patillas de la montura⁵.

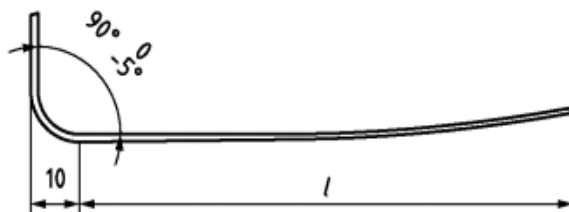


Ilustración 3: Medición de la longitud global de la patilla en patillas sin articulación⁵.

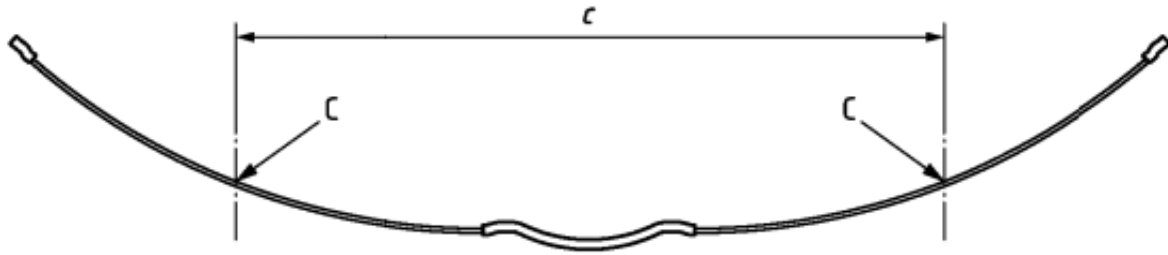
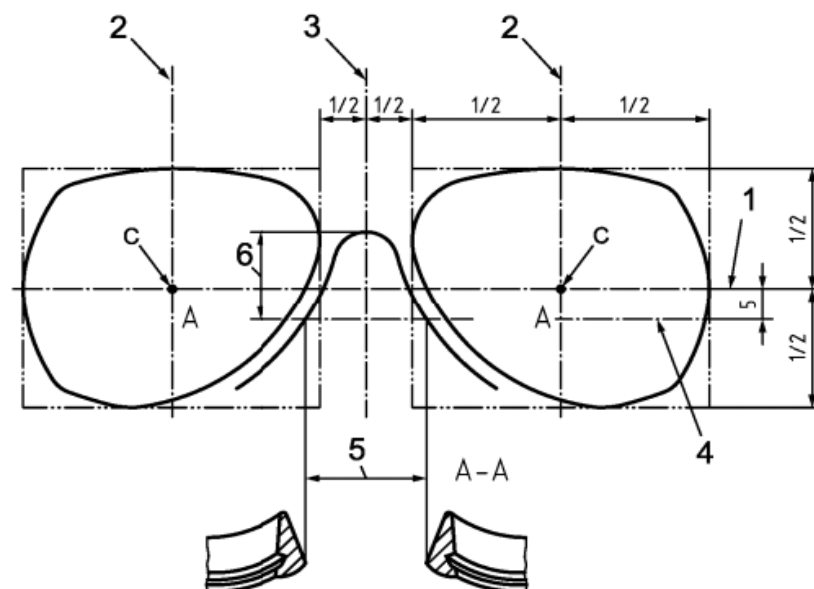


Ilustración 4: Medición de la distancia entre centros de encuadre en monturas que tengan un ángulo de la forma facial significativo⁵.

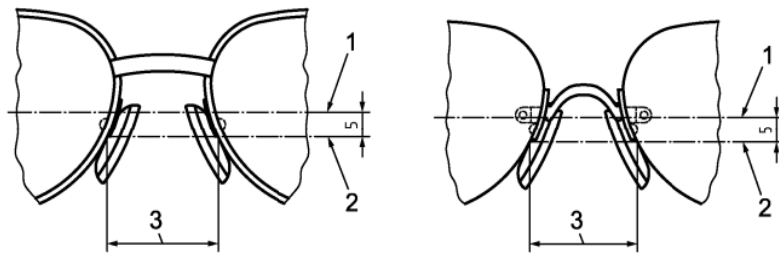
- Anchura del puente: Distancia mínima entre los aros, medida a lo largo de la línea de la anchura del puente (Figura 5)⁵.
- Línea de la anchura del puente: Línea de referencia para las mediciones del puente, situada 5mm por debajo de la línea central horizontal (Figura 5)⁵.
- Altura del puente: Distancia desde la línea de la anchura del puente hasta el borde inferior del puente, medida a lo largo del eje de simetría vertical (Figura 5)⁵.
- Diámetro efectivo: Diámetro de la lente sin cortar circular más pequeño que puede contener la forma de la lente con su centro geométrico situado en el centro del encuadre (Figura 7)⁵.
- Si la lente tiene el borde biselado, éste debe ser simétrico por todo el contorno de la periferia de la lente y de mayor anchura que la acanaladura del frente. Por lo que la acanaladura también será simétrica¹.
- Ángulo de la forma facial: Ángulo comprendido entre el plano de la montura de gafas y el plano de la forma de la lente derecha o izquierda. Se considera positivo si el lado temporal de la lente está más cerca de la cabeza que el plano del frente de las gafas (Figura 8)⁵.



Leyenda

- | | |
|----------------------------------|-----------------------|
| 1 Línea central horizontal | 5 Anchura del puente |
| 2 Línea central vertical | 6 Altura del puente |
| 3 Eje de simetría vertical | C Centro del encuadre |
| 4 Línea de la anchura del puente | |

Ilustración 5: Términos complementarios relativos a los frentes⁵



a) Montura de gafas metálica con puente de plaquetas

b) Montura de gafas sin montura

Leyenda

- 1 Línea central horizontal
- 2 Línea de la anchura del puente
- 3 Anchura del puente

Ilustración 6: Medición de la anchura del puente⁵

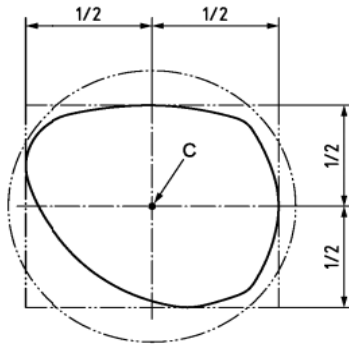
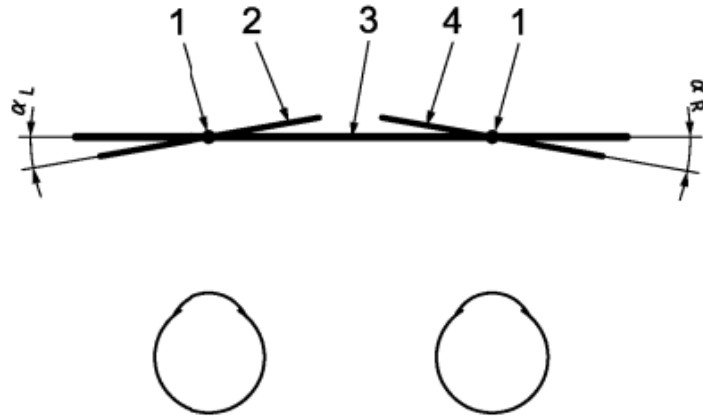


Ilustración 7: Círculo que muestra el contorno de la lente que tiene el diámetro efectivo⁵



Leyenda

- 1 Punto de intersección del plano del frente de las gafas con la línea central vertical de la forma de la lente
- 2 Forma de la lente izquierda
- 3 Plano del frente de las gafas
- 4 Forma de la lente derecha
- α_R Ángulo de la forma facial derecha
- α_L Ángulo de la forma facial izquierda

Ilustración 8: Ángulo de la forma facial. Representación esquemática del plano de la montura de gafas y de las formas de la lente (visto desde arriba)⁵

En conclusión, el conocimiento de estas dimensiones es necesario para la fabricación, petición y ajuste de las monturas de las gafas, así como para el correcto montaje de las lentes oftálmicas en las monturas.

2.2. MEDIDAS FACIALES

Como sabemos, las monturas se diseñan teniendo en cuenta las características faciales de los individuos, puesto que deben sujetarse en la cara del usuario permitiendo el correcto posicionamiento de las lentes. Estas medidas faciales no se deben confundir con las medidas de las monturas, aunque siempre están relacionadas por ser justamente esta relación el objetivo de una buena adaptación entre montura y rostro. Asimismo, para adaptar una montura sin problemas se hace necesario establecer una tipología de rostro, según su forma, ya que es el elemento que más incide en una buena adaptación¹.

Se va a definir una tipología facial mediante un análisis a dos niveles. Un nivel global basado en un esquema anatómico (anchura y altura de frente, nariz y barbilla) y una definición de conjunto, y un segundo nivel a partir de los diferentes componentes importantes del rostro (boca, orejas, cabello/peinado, piel), los cuales, por su forma peculiar o posición relativa en el rostro, pueden producir un efecto característico y determinante de un tipo concreto de rostro¹.

Este proyecto, a la hora de analizar las medidas faciales, se va a centrar en la zona próxima a los ojos, zona donde se adaptan las monturas. Añadir que dichas medidas serán útiles a la hora de diseñar y moldear la montura, escogerla, adaptarla e incluso para prever un buen montaje de las lentes en ella.

En este estudio se va a trabajar en dos dimensiones; con el plano frontal del rostro (Figura 9) y el plano de perfil (Figura 10), pero se debe recordar que el conjunto facial es tridimensional.

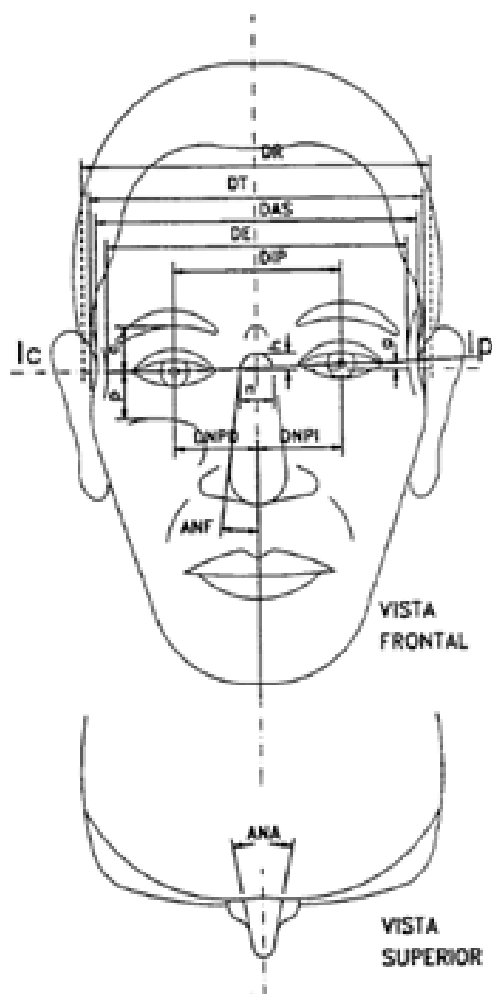


Ilustración 9: Medidas faciales frontales¹

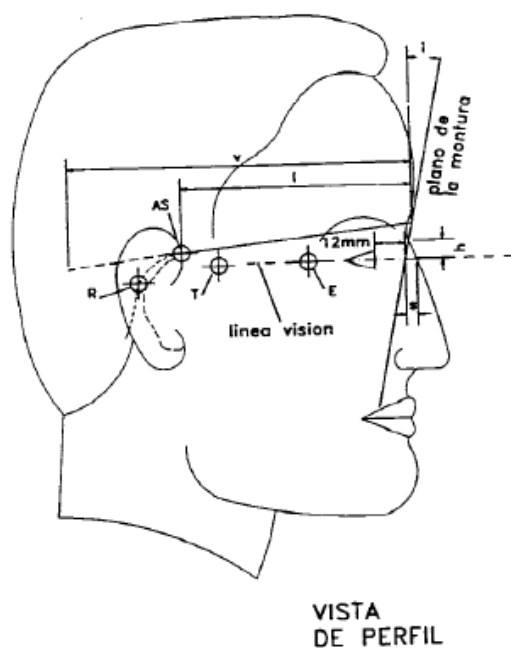


Ilustración 10: Medidas faciales de perfil¹

Siendo las medidas faciales habituales las que se presentan en la siguiente tabla:

Dimensión	Rango Hombres	Valor medio	Rango mujeres	Valor medio
Distancia interpupilar (DIP)	64 a 68	65.1	60 a 64	61.5
Distancia esfenoidal (DE)	110 a 125	120	105 a 120	110
Distancia auricular superior (DAS)	140 a 155	150	135 a 150	140
Ángulo nasal frontal (ANF)	0 a 30°	20°	0 a 30°	22°
Ángulo nasal de apertura o de ataque (ANA)	0 a 50°	22°	0 a 50°	25°

Tabla 1: Medidas faciales habituales¹

2.3. ESTANDARIZACIÓN DE LAS MEDIDAS DE LAS MONTURAS

La recopilación, unificación y estandarización de las medidas faciales ayuda a obtener unas medidas prototipo de gran ayuda para el diseño y la unificación de las medidas de las monturas, para una posterior adecuada adaptación.

La norma UNE-EN ISO 10685-3: 2012 “Catálogo electrónico de monturas de gafas y gafas de sol e identificación. Parte 3: Información técnica”, tiene un apartado, concretamente el Anexo C, en el que describe las dimensiones de la montura. Tomando como referencia esta norma y todo lo analizado hasta ahora ($DIP=c=a+d$; $DE=2a+c$), podemos tomar de referencia las siguientes medidas:

Distancia entre lentes (d)	16-20mm
Tamaño horizontal de la lente (a)	50-55mm
Tamaño vertical de la lente (b)	30-47mm
Diámetro efectivo = 2radio	50-60mm
Curva envolvente o ángulo de la forma facial (Figura 11)	2-6°
Ángulo pantoscópico (Figura 12)	7-10°
Longitud varilla estirada (l)	135-145mm
Ángulo de talón (Figura 13)	95° ¹
Curvatura del terminal de la varilla	15°

Tabla 2: Medidas de las monturas de referencia



Ilustración 11: Curva envolvente, en grados⁷

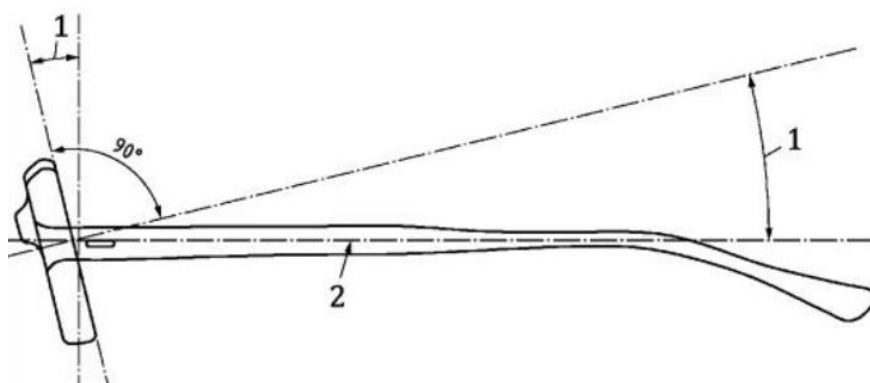


Ilustración 12: Ángulo pantoscópico, en grados⁷

Nota: El ángulo pantoscópico de una montura se define como la inclinación del frente respecto al plano vertical. Permite acercar el extremo inferior de las lentes a los pómulos, incrementando el campo visual, aumentando la protección de los ojos, y mejorando también el aspecto de las gafas.

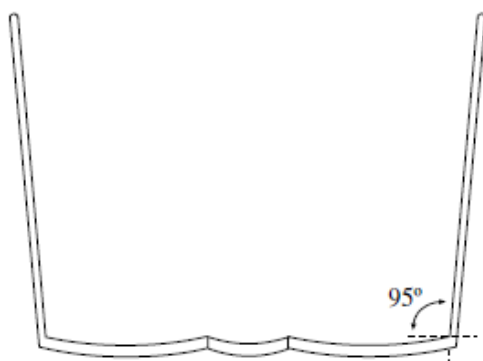


Ilustración 13: Alineamiento de las varillas por ajuste del ángulo del talón¹

Además, han sido medidas diferentes monturas, concretamente 11, para corroborar la estandarización de la anterior tabla (Anexo IV).

2.4. ADAPTACIÓN A DIFERENTES PRESCRIPCIONES

En el momento de adaptar prescripciones, todas las operaciones mediante las cuales se confeccionan las gafas, desde el examen optométrico hasta el montaje y verificación de todos los parámetros de adaptación, pasando por la elección de la montura y de las lentes idóneas, son fundamentales, puesto que un error en alguna de estas operaciones, puede conducir a la intolerancia a la prescripción del usuario⁸. De ahí la importancia de las características de la montura, de las lentes y del usuario, para una buena adaptación.

A continuación, se van a analizar las características de las lentes, una vez analizadas las características del usuario y de las monturas. Cuando se estudia la adaptabilidad de la montura de las gafas de seguridad a diferentes defectos visuales hay que tener en cuenta a serie de puntualizaciones.

Las lentes de alta potencia negativa tienen un elevado espesor de borde, sea cual sea el diámetro de la lente en bruto que se pida al fabricante, lo cual desaconseja la elección de monturas de perfiles finos, ya sean metálicas o plásticas, y de monturas al aire, si la lente es mineral, ya que su posibilidad de lascado aumenta⁸.

En el caso de prescripciones esféricas positivas elevadas, si no se piden al fabricante las lentes en bruto con el menor diámetro posible (precalibrado), una vez biseladas tienen unos espesores tanto de centro como de borde innecesariamente grandes, desaconsejándose, como antes, los perfiles finos⁸.

Cuando las prescripciones esféricas elevadas se compensan con lentes minerales, resultan muy pesadas. Por tanto, si se escoge una montura metálica, este peso se reparte sobre las plaquetas, produciendo incomodidad e incluso intolerancia en caso de pieles sensibles. Por otro lado, en caso de adaptar la prescripción en una montura plástica se escogerá el puente más adecuado según el perfil de la nariz (silleta o de llave)⁸.

Hay que añadir que en el caso de las prescripciones en las que deben montarse las lentes en una determinada dirección, como en lentes astigmáticas, multifocales y prismáticas, no conviene que la montura sea redonda, para evitar la rotación de la lente. Este problema se agrava en las monturas metálicas, en las que se pueden aflojar los tornillos de cierre de aro. Aunque con la montura plástica también puede ocurrir al cabo de una larga exposición a una fuente de calor⁸.

En conclusión, es más adecuado que el calibre de la anchura del aro no sea muy fino, que sea de aro completo y el calibre del diámetro mínimo del aro de tamaño medio, ni muy grande ni muy pequeño, respetando las dimensiones de la cara. También es recomendable que la montura no sea metálica, y que no tenga forma redonda, es decir, mejor que tenga una forma rectangular.

Además, hay que tener en cuenta los parámetros de utilización habitual de las gafas para no variar la potencia efectiva de las lentes. Estos son: inclinación (ángulo pantoscópico), meniscado de la montura (curva envolvente del frente de la montura) y distancia al vértice (distancia de la cara posterior de la lente al ojo, que debe mantenerse exactamente a la utilizada en el examen optométrico). En función de estos parámetros, el centrado de las lentes oftálmicas en la montura toma diferente localización para mantener dicha potencia efectiva. Por ejemplo, cada grado de ángulo pantoscópico, para una distancia de vértice de 12mm, supone situar el centro óptico de la lente 0.5mm por debajo del centro pupilar del usuario (definido por la distancia nasopupilar (DNP) y la altura pupilar (h_p), medida desde el centro de la pupila hasta el borde inferior del aro de la montura)⁸.

Por otro lado, al frente de la montura se le da curvatura para que esta se adapte anatómicamente al plano de la cara del observador, y mejorar así el aspecto de la montura, junto con la abertura del ángulo del talón⁸.

3. DEFINICIÓN CARACTERÍSTICAS GAFAS POLIVALENTE DE SEGURIDAD EN ENTORNO DE UN LABORATORIO QUÍMICO

Tras haber analizado en el primer apartado del proyecto las actividades, instrumental y sustancias ante las cuales es obligatorio el uso de gafas de protección, en este punto se detallan las características de estos EPI que son imprescindibles:

- Deben poder usarse con mascarilla ya que el 83.87%² (Anexo I) de los equipos de trabajo que necesitan el uso de gafas de protección, también necesitan el uso de mascarilla.
- Deben poder usarse con protectores auditivos. El 9.68%² (Anexo I) de los equipos de trabajo de un laboratorio que necesitan el uso de gafas de protección, también necesitan el uso de protectores auditivos.
- Deben ser transparentes para obtener un mayor campo visual (este requisito fue incluido tras escuchar a varias personas que usan o han usado este tipo de gafas, al igual que el siguiente requisito)
- Debe ser ligera para obtener una mayor comodidad.
- Debe ajustarse a la nariz y a la cara y no interferir en los movimientos del usuario.
- Ante la exposición a radiaciones, deben llevar filtros adecuados a la longitud de onda de la radiación. De este requisito, se puede extrapolar el uso de esta gafa de prevención a exteriores, como EPI en aquellas personas que utilicen productos químicos en exteriores, como agricultores o jardineros cuando sulfatan, transportistas al mover estos productos de lugar, o pintores y demás personas que manipulan este tipo de sustancias fuera de un laboratorio.
- No deben presentar defectos, como variaciones en el color, opacidades, rayas o fisuras.
- Es fundamental que proporcionen buena protección frontal y lateral, es decir, deben ser cerradas.
- Debe ser fabricada con materiales que no produzcan ni alergias ni irritaciones, es decir, con materiales biocompatibles. Este material debe poder limpiarse, desinfectarse y mantenerse siempre en buenas condiciones.
- Debe presentar resistencia al empañamiento y a la abrasión, alta reflectancia en el infrarrojo y sistemas de ventilación en la montura.

3.1. TIPOS GAFAS DE PROTECCIÓN

Antes de proceder a realizar bocetos del objeto que se quiere diseñar, que plasmen todas las ideas analizadas hasta ahora, resulta importante estudiar los diferentes tipos de gafas de protección existentes para tener una referencia y posteriormente, poder elegir aquel tipo de gafa que mejor se ajuste a los requisitos que se quieren cumplir.

Según la normativa EN 166:2011 “*Protección individual de los ojos*”, existen los siguientes tipos de gafas de seguridad:

- Las *gafas de protección de montura universal* (Figura 14); están formadas por dos oculares montados sobre una montura generalmente de policarbonato o metal (de aspecto similar a las monturas que se suelen utilizar para las gafas graduadas convencionales). En ocasiones, ambos oculares junto a la montura forman una pieza única, denominándose en este caso “gafas de protección de montura universal panorámicas”⁹.

Este tipo de gafas pueden proteger contra impactos básicos o de baja energía, pero no contra polvo o salpicaduras de líquidos, ni contra metales fundidos. Además, pueden proteger contra exposición a radiación óptica (infrarroja, ultravioleta, solar, láser) ^{9,10}.

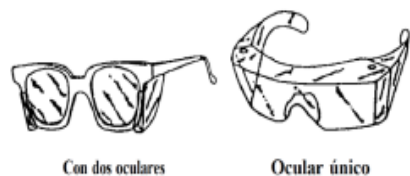


Ilustración 14: Tipos de gafas de protección de montura universal¹¹

- Las *gafas de protección de montura integral* (Figura 15); están formadas por una montura de plástico flexible, con ocular panorámico (que cubre ambos ojos) y banda elástica que se ajusta a la cabeza⁹.

Este tipo de gafas pueden proteger contra impactos de baja o media energía, contra radiación óptica, partículas de polvo y gases, gotas de líquidos y contra metales fundidos, pero no contra salpicaduras de líquidos (porque no protegen toda la cara) ni cortocircuito eléctrico ^{9,10}.

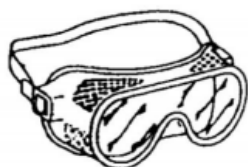


Ilustración 15: Gafas de protección de montura integral¹².

- Las *mantallas faciales* (Figura 16); disponen de un ocular que cubre toda la región ocular y parte o toda la región facial, sobre una montura con arnés de cabeza o acoplable a casco. Pueden llevarse con gafas graduadas y protegen la cara, pero no aíslan completamente los ojos⁹.

Pueden proteger contra impactos de baja, de media o de alta energía, contra radiación óptica, contra salpicaduras de líquidos, contra arco de cortocircuito eléctrico y contra metales fundidos y sólidos calientes, pero no contra polvo y gases^{9, 10}.



Ilustración 16: Pantalla facial¹³

3.2. ELECCIÓN TIPO DE MONTURA

Una vez conocidos los diferentes tipos de montura de protección y sabiendo que, como se ha visto en el tercer apartado del trabajo, necesitaremos una gafa que aisle completamente los ojos, es decir, que proporcione cierta hermeticidad, descartamos modelar una gafa de protección de montura integral con sistemas de ventilación directa, útiles para evitar que los oculares se empañen, porque no aísla completamente los ojos.

También se descarta la opción de gafas de protección de montura integral, gafas de protección de montura universal panorámicas y pantallas faciales porque no se pueden graduar.

Las posibles opciones serían las siguientes; o bien, una gafa de protección de montura integral con sistemas de ventilación indirecta, o una gafa de protección de montura universal con protecciones laterales para garantizar una adecuada protección de la región orbital del usuario y con sistemas de ventilación indirecta para que no se empañen.

Se descarta la primera opción porque los usuarios que tengan defectos visuales tendrían que utilizarlas sobre las gafas graduadas, por lo que la opción ideal es la segunda. Es decir, una gafa de protección de montura universal con protectores laterales y con sistemas de ventilación indirecta. Dichos sistemas de ventilación pueden ser ranuras de ventilación en zigzag (Figura 17) para evitar la entrada hacia el ojo de radiaciones desde atrás, y se pueden colocar en la parte superior de los protectores para favorecerse del principio físico de elevación de los fluidos calientes. Además, a este tipo de gafas se le puede acoplar un clip con filtros para soldadura o para cualquier otra radiación.

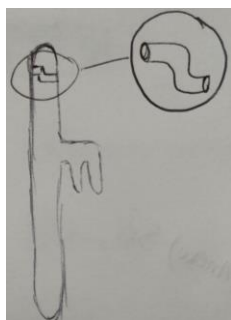


Ilustración 17: Ranuras de ventilación en zigzag

4. MODELADO DE LAS PARTES DE LA GAF

Tras analizar los requisitos de seguridad que debe cumplir la gafa de prevención de riesgos en un laboratorio químico que queremos diseñar, la adaptabilidad a diferentes defectos refractivos, y las características que la definen, el siguiente paso es definirla, para finalmente modelarla, trasladando la idea inicial desde los bocetos hasta un objeto real final. Para ello, en primer lugar, definiremos el objeto mediante bocetos, los cuales evaluaremos a posteriori, para así, elegir para modelar aquel que cumpla en mayor medida los requisitos que hemos planteado anteriormente. Además, para llevar a cabo la modelación nos ayudaremos de modelos de monturas y rostros en 3D escaneados a partir de monturas y caras reales.

4.1. DEFINICIÓN DEL OBJETO

En la definición formal del producto se parte de ideas y se plasman en croquis y bocetos. Se realizan maquetas probando materiales y variaciones, pasando por los dibujos más detallados, que actualmente se realizan con programas CAD (como se hará más adelante con el software *SolidWorks*), con los que se obtiene la forma del producto casi definitivo¹.

Tras la búsqueda de información sobre las características que debe cumplir una gafa de protección de riesgos laborales en un laboratorio químico, y antes de pasar al modelado de las partes de la gafa con *SolidWorks*, es conveniente la realización de bocetos que plasmen las ideas prefijadas (Anexo V).

Durante de realización de estos bocetos, salió a la luz la idea de realizar también bocetos de protectores para gafas universales convencionales que cumpliesen los requisitos para protegerse de los riesgos de un ambiente químico (Anexo V), y la idea de realizar un protector de nariz que impidiese el vaho que se forma al usar dichas gafas con mascarilla (Anexo V), ya que como se ha mencionado en el tercer apartado, ante productos químicos, se ha de llevar mascarilla. Para la realización del protector

de gafas universales, tomamos como referencia uno proporcionado por una óptica, el cual medimos (Anexo VI) para guiarnos en las acotaciones del que vamos a realizar. Y para la realización del protector de nariz se utilizaron las medidas del Anexo VII, las cuales fueron tomadas de un estudio.

Tras la realización de varios bocetos, tanto de gafas de prevención como de protectores para gafas comunes y protectores de nariz, el siguiente paso es evaluar dichos bocetos para así mejorar aspectos de los mismos y decidir cuál es el que se va a modelar.

4.2. EVALUACIÓN BOCETOS GAFAS Y PROTECTORES

Para evaluar estos bocetos, se realiza una separación en dos bloques; por un lado, el bloque de los bocetos de gafas y, por otro lado, el bloque de los bocetos de protectores de gafas, y realizamos una tabla para cada bloque en la cual se refleje qué requisitos cumple cada boceto y cuáles no. Dichos requisitos son los que hemos definido en el tercer apartado del proyecto.

<i>BOCETOS GAFAS</i>	GAFA 1	GAFA 2
Tiene sistema ventilación	✓	×
No produce empañamiento	✓	✓
Se puede usar con mascarilla	✓	✓
Se puede usar con protectores auditivos	✓	✓
Es transparente para amplio campo visual	✓	+/-
Es ligera	✓	✓
Se ajusta a la cara	✓	✓
Tiene opción de filtros adecuados a λ	✓	✓
Protege frontal y lateralmente	✓	✓
Es cerrada	✓	✓

Tabla 3: Requisitos que cumplen o no los bocetos de monturas de gafas

<i>BOCETOS PROTECTORES</i>	PROTECTOR 1	PROTECTOR 2	PROTECTOR 3	PROTECTOR 4	PROTECTOR 5
Tiene sistema ventilación	✓	✓	✓	×	✓
No produce empañamiento	✓	✓	✓	✓	✓
Se puede usar con mascarilla	✓	✓	✓	✓	✓
Se puede usar con protectores auditivos	✓	✓	✓	✓	✓
Es transparente para amplio campo visual	+/-	✓	+/-	✓	✓

Es ligero	✓	✓	✓	✓	✓
Se ajusta a la cara	✓	✓	✓	✓	✓
Tiene opción de filtros adecuados a λ	✓	✓	✓	✓	✓
Protege frontal y lateralmente	✓	✓	✓	✓	✓
Es cerrado	✓	✓	✓	×	✓

Tabla 4: Requisitos que cumplen o no los bocetos de protectores de gafas

Posteriormente, se otorga una calificación a cada requisito de 1 a 8 puntos, de menos a más importancia respectivamente, según la usabilidad y la protección en un ambiente químico. Por tanto, se obtiene una calificación final para cada gafa y protector que nos indica cuál o cuáles son los más indicados para posteriormente ser modelados. La calificación otorgada a cada requisito es la siguiente:

Tiene sistema ventilación	6.5
No produce empañamiento	8
Se puede usar con mascarilla	8
Se puede usar con protectores auditivos	7
Es transparente para amplio campo visual	8
Es ligero	8
Se ajusta a la cara	7.5
Tiene opción de filtros adecuados a λ	7
Protege frontal y lateralmente	8
Es cerrado	7.5

Tabla 5: Calificación para cada requisito

Nota: si el boceto cumple el requisito (✓) obtiene la nota total de dicho requisito, si lo cumple más o menos (+/-) obtiene la mitad, y si no lo cumple (×) no obtiene ningún punto.

Por tanto, la puntuación total de cada boceto es:

GAFAS	Gafa 1	Gafa 2
Puntuación total	75.5	69

Tabla 6: Calificaciones bocetos monturas de gafas

PROTECTORES	Protector 1	Protector 2	Protector 3	Protector 4	Protector 5
Puntuación total	71.5	75.5	71.5	61.5	75.5

Tabla 7: Calificaciones bocetos protectores de gafas

Como vemos, el boceto de la gafa 1 y los bocetos de los protectores 2 y 5 han obtenido la máxima puntuación ($75.5/80 = 9.4/10$). A pesar de que los tres bocetos han obtenido la misma valoración, se cree que una de las tres opciones es mejor que las otras dos, debido a una serie de motivos que se explicarán a continuación.

4.3. DESISIÓN DE BOCETO PARA MODELAR

A pesar de que la gafa 1 y el protector 2 y 5 hayan obtenido la misma puntuación, la decisión final es el protector 2, debido a su mayor originalidad y porque a nivel económico se supone que tendrá un coste menor, ya que para desarrollar protectores se necesita menos inversión que para crear una gafa de protección completa. Además, también se elige dicho protector porque se piensa que se podría profundizar más con protectores con la limitación de tiempo de la que se dispone.

4.4. EVALUACIÓN BOCETOS PROTECTORES NARIZ

Para evaluar los protectores de nariz se seguirá el mismo procedimiento que para evaluar los bocetos de las gafas de protección y de los protectores, pero en este caso no tendremos en cuenta los siguientes requisitos; que se pueda usar con protectores auditivos, sea transparente para obtener un amplio campo visual y que se le puedan acoplar filtros, ya que en este caso no influyen. Por el contrario, se añade el requisito de que se pueda ajustar a la montura, cobrando este requisito una puntuación de 8 puntos, ya que se considera muy importante. A continuación, se analiza si cumplen o no los requisitos:

<i>BOCETOS PROTECTORES NARIZ</i>	PROTECTOR 1	PROTECTOR 2
Tiene sistema ventilación	✓	✓
No produce empañamiento	✓	✓
Se puede usar con mascarilla	✓	✓
Es ligero	✓	✓
Se ajusta a la cara	✓	+/-
Protege frontal y lateralmente	✓	✓
Es cerrado	✓	✓
Se ajusta a la montura	✓	+/-

Tabla 8: Requisitos que cumplen o no los bocetos de protectores de nariz

La calificación otorgada a cada requisito para este tipo de protector es la siguiente:

Tiene sistema ventilación	6.5
No produce empañamiento	8
Se puede usar con mascarilla	8
Es ligero	8
Se ajusta a la cara	7.5
Protege frontal y lateralmente	8
Es cerrado	7.5
Se ajusta a la montura	8

Tabla 9: Calificación para cada requisito

Se utiliza el mismo formato de calificación que para las gafas y los protectores de gafas, y se obtienen las siguientes puntuaciones totales de cada protector:

PROTECTORES NARIZ	Protector 1	Protector 2
Puntuación total	61.5	53.75

Tabla 10: Calificaciones protectores nariz

Por tanto, se va a intentar modelar el boceto del protector de nariz 1, ya que es el que ha obtenido la mayor valoración.

4.5. ESCANEAR EN 3D MONTURAS UNIVERSALES

A continuación, con el escáner 3D Structured Light de HP y el software de escaneo 3D Pro v5 de HP son creados modelos precisos y herméticos, a lo largo de los 360º, en 3D de diferentes monturas convencionales para posteriormente poder visualizar y comprobar virtualmente el encaje del protector objetivo que será modelado con dichos modelos de monturas escaneados. Para ello, será cambiado el formato de la montura escaneada (*.ply), ya que si no está en el mismo formato con el que trabaja *SolidWorks* (*.stl), no se podrá realizar el ensamblaje necesario para evaluar la adaptación del protector a diferentes monturas (más adelante, en el apartado 4.7, se explica qué es un ensamblaje).

STL es un formato muy común de archivo informático de diseño asistido por computadora que define geometrías de objetos en 3D, excluyendo información como color, texturas o propiedades físicas que sí incluyen otros formatos CAD, como *.obj. Sin embargo, PLY sirve principalmente para almacenar datos tridimensionales de escáneres 3D.



Ilustración 18: Escáner 3D Structured Light de HP¹⁴

4.6. ESCANEAR EN 3D ROSTROS

Además, con el escáner portátil 3D Colido Sense 2 se crean modelos de diferentes tipologías de rostro (de varios compañeros, concretamente de ocho) en 3D para tener varias referencias dimensionales faciales que ayudarán a modelar el protector objetivo. Adicionalmente, con ellos también se podrá comprobar más tarde el ajuste del conjunto montura modelo más protector objetivo en estos modelos de caras humanas. En este caso, también tendremos que cambiar el formato. Además, estos modelos faciales también se pueden trabajar, antes de hacer el ensamblaje con la montura y el protector en *SolidWorks*, con la aplicación de modelado en 3D *Meshmixer* para suavizar impurezas del escaneo y editar lo que queramos en dichos modelos.

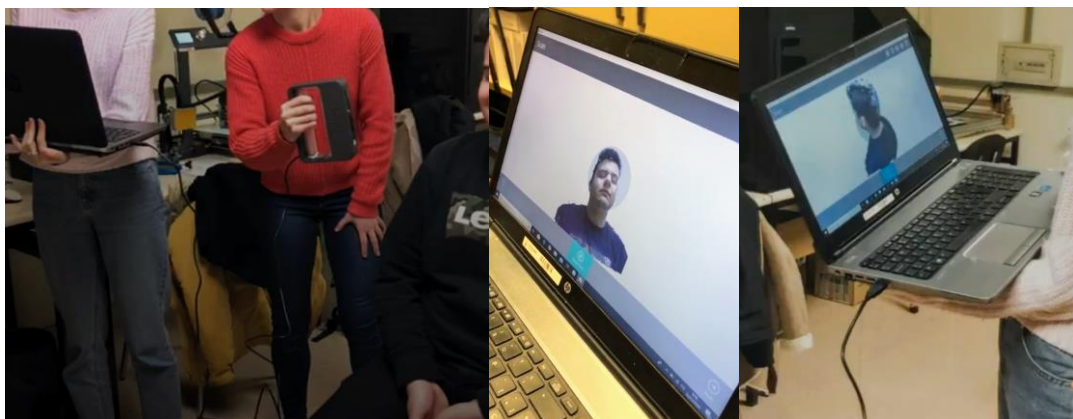


Ilustración 19: Escaneando rostros con el escáner 3D Colido Sense 2

4.7. MODELADO DEL PRODUCTO

Para modelar el protector elegido (Protector 2), se utiliza el programa informático *SolidWorks*, el cual permite hacer modelado geométrico paramétrico mecánico en 2D y 3D, es decir, definido por operaciones matemáticas y acotado¹⁵, y unir piezas, ensamblaje, creadas con este software.

Este programa dispone de un historial de operaciones que permite el control y orden en el proceso de diseño. Además, se pueden establecer reglas para la ejecución de series, es decir, el programa permite que ciertas medidas de la pieza estén en función de otras piezas. Por ejemplo, si nuestro protector es dependiente del tamaño de la varilla de la montura o de su grosor, se puede hacer que las medidas generales del mismo estén en función del grosor de la patilla. Esto se puede utilizar para definir el enganche del protector. De manera que, al modificar el ancho del enganche, se modifica todo el protector, o las medidas que nos interesan. Así, definiendo tres anchos de varilla, se obtienen tres protectores diferentes. Otra característica de este programa es que la actualización de una operación es posible e influyente en el resto de las operaciones (concepto padre-hija)¹⁵.

Con este programa, se pretende crear una maqueta virtual para tener una mejor aproximación del producto que tenemos pensado y en los bocetos, ya que la incorporación de las 3 dimensiones permite expresar más claramente a terceros el objetivo, uso, funciones o forma de nuestro producto.

Adicionalmente, este programa mejora la trazabilidad del producto en el proceso creativo, es decir, permite la modificación de la maqueta conforme avanza el proceso de definición del producto y permite obtener un número ilimitado de maquetas sin esfuerzo alguno mediante las técnicas de generación de maquetas físicas no tradicionales¹⁵.

Existen dos maneras genéricas de modelar, una es mediante extrusiones, es decir, dándole una altura a un objeto 2D, y otra mediante revoluciones. En ambas, lo primero que hay que hacer es crear sketches o croquis; dibujos bidimensionales que se utilizan para crear posteriormente objetos tridimensionales. Para crearlos, se debe hacer en uno de los tres planos principales, alzado, planta o perfil/vista lateral, o bien en planos nuevos que se deben crear, los cuales proporcionan cualquier posición y configuración.

Añadir también, que las líneas constructivas o auxiliares son aquellas que no pertenecen al croquis y que sirven para acotar y tomar referencias, o para hacer simetría o crear ejes de revolución.

Sabiendo todo esto, se creará una maqueta virtual del protector, que posteriormente será ensamblada (unida) con una maqueta de una montura, cuyo conjunto será unido a una maqueta de una cabeza virtual para estudiar la adaptabilidad del protector diseñado con la montura y, ambas, con la cabeza.

5. ELABORACIÓN PROTOTIPO MEDIANTE IMPRESIÓN 3D

El objetivo de este apartado era imprimir en 3D el protector diseñado, para obtener una maqueta real de dicho producto, para posteriormente darlo a probar a un grupo de población y con ello estudiar la calidad y efectividad del producto (siguiente apartado), pero por motivos actuales de crisis sanitaria (COVID-19), no se ha podido realizar este apartado.

6. PRUEBAS FUNCIONALES

El objetivo de este apartado era que un rango de población probara y evaluara el protector objeto obtenido, considerando si este cumplía o no los requisitos planteados, pero por motivos actuales de crisis de salud pública (COVID-19), no se ha podido realizar este punto. De todas formas, la encuesta que se les hubiera pasado a los usuarios, es la que se puede ver en el Anexo VIII.

6.1. ALINEAMIENTO DE LA MONTURA

En el caso de que se hubiera desarrollado una montura de protección, para que esta se ajustase a la cara del usuario, permitiendo el correcto posicionamiento de las lentes, hubiera sido necesario verificar el perfecto alineamiento de la montura, como último paso del proceso de fabricación (Anexo IX).

También comentar que este ajuste anatómico de las monturas es especialmente importante en el caso en que la prescripción depende de la constancia de la posición de la lente ante los ojos, esto es, en lentes astigmáticas, bifocales, progresivas y prescripciones prismáticas, y en todas en general, para evitar el efecto de las aberraciones que se crean por el ángulo pantoscópico y facial.

Además, antes de la comercialización de un producto, éste debe ser marcado tras haber realizado ensayos de calidad (Anexo X), que implique el cumplimiento de las normas establecidas para ese producto (Anexo XI).

RESULTADOS OBTENIDOS

Tras haber decidido los protectores a modelar, el siguiente paso es llevar la modelación a cabo, que como ya se ha comentado, se va a realizar con el programa *SolidWorks*. Tras varios intentos (imágenes siguientes) la maqueta virtual que realizamos con *SolidWorks* fue la representada en la Figura 24:

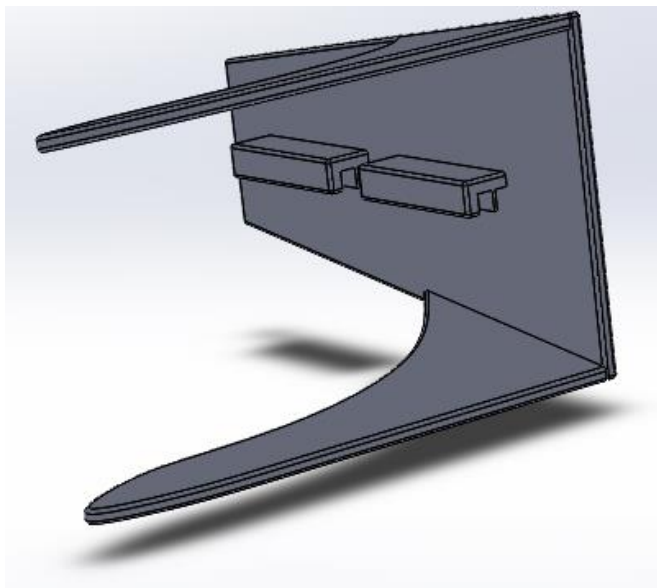


Ilustración 20: Primer intento protector

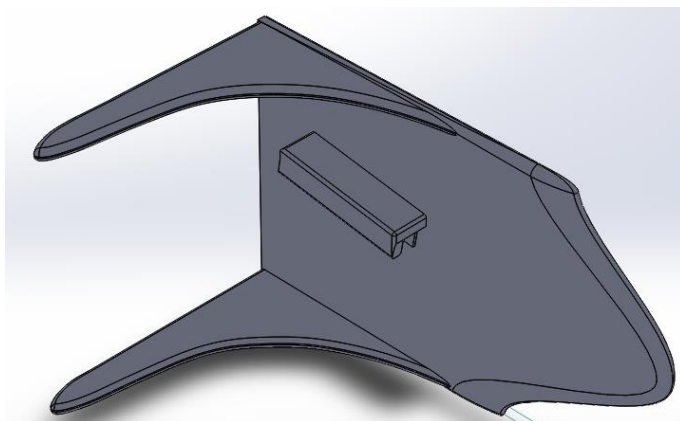


Ilustración 21: Segundo intento

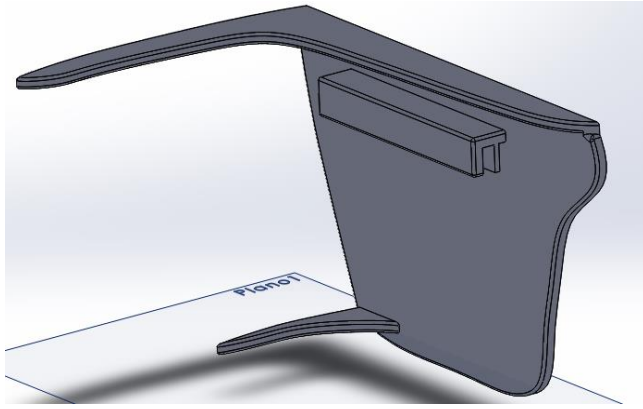


Ilustración 22: Tercer intento

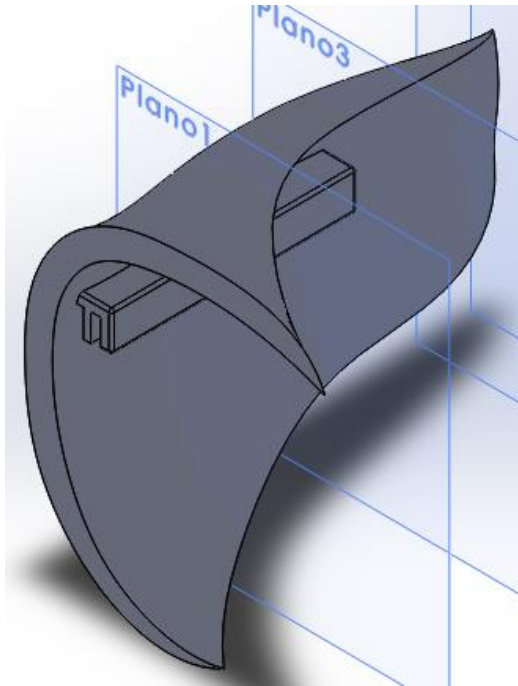


Ilustración 23: Cuarto intento (para monturas redondas)

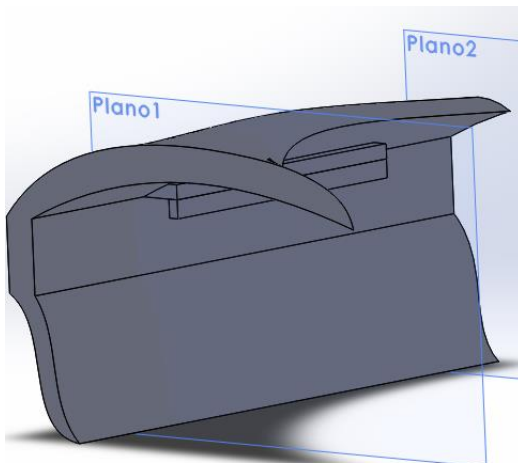


Ilustración 24: Quinto intento (para monturas rectangulares)

Además, también fue creada la siguiente maqueta virtual intentando representar el boceto del protector de nariz 1, que es el que obtuvo más puntuación:

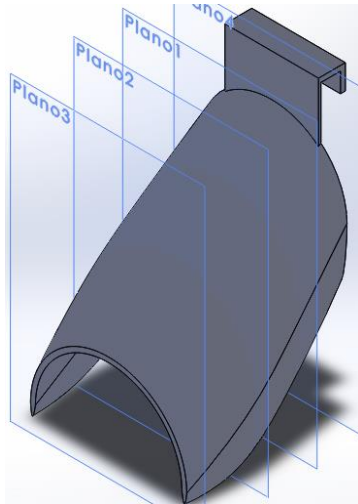


Ilustración 25: Protector nariz

Posteriormente, para hacer la simulación de cómo quedaría el protector objeto creado adaptado a una montura y ésta a una cara, ensamblamos el protector a la montura, creando relaciones de posición entre ambas piezas, el protector y la montura:



Ilustración 26: Ensamblaje montura con protector

En un principio, se veía que el protector ajustaba correctamente, y que por lo tanto las dimensiones utilizadas eran idóneas, pero se realizó algún retoque para perfeccionar la adaptación.

Añadir que la montura que fue usada, es una que fue realizada el curso anterior en la asignatura *Herramientas Gráficas y Diseño Óptico*.

A continuación, se descargó una cabeza humana libre en 3D en formato *.stl o *.obj para poder abrirla con *SolidWorks*. En este proyecto, se descargó la siguiente:

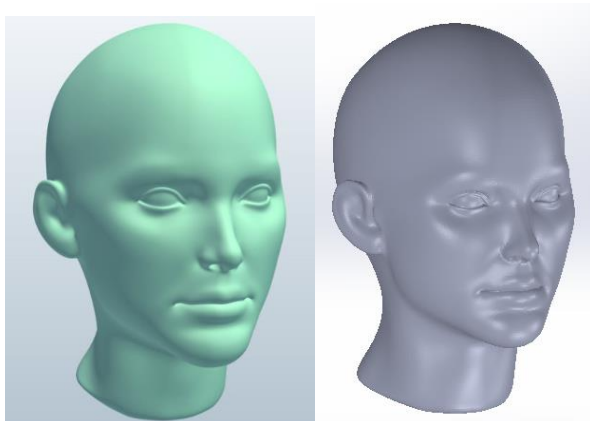


Ilustración 27: Cabeza humana en 3D

Como fue descargada en formato *.obj, es abierta con tal formato en *SolidWorks*, para guardarla en *.prt o en *.sldprt, ya que, para hacer el ensamblaje de la cabeza con la montura y el protector, sólo se puede hacer si ésta se ha guardado como pieza.

Cuando se fue a hacer el ensamblaje, resultó que las dimensiones de la cabeza eran muy pequeñas para poder ajustarlas a las de la montura, por lo que se tuvo que escalar la cabeza en *Meshmixer*.

Finalmente, ya con las dimensiones adecuadas tanto de la cabeza, como de la montura y del protector, para poder crear relaciones entre estas piezas, se consiguió adaptar la montura y el protector a la cabeza, realizando también, algún retoque más:



Ilustración 28: Simulación de cómo quedaría el protector diseñado ajustado a una montura y ésta a un rostro

Posteriormente, se ensambla el protector de nariz creado al frente de la montura para ver si este ajusta, obteniendo un grato resultado:

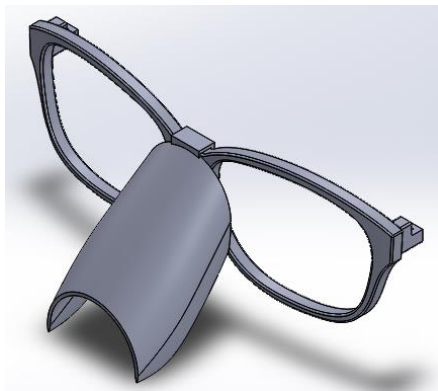


Ilustración 29: Simulación ajuste protector nariz al frente de la montura

Es muy difícil que el protector pueda ajustar con todo tipo de nariz, por tanto, no seguimos profundizando con este protector, y simulamos únicamente si puede adaptarse a la nariz de la cabeza anterior. Aunque a simple vista se aprecia que debería ser un poco más estrecho para poder ajustarse a dicha nariz.

Comentar también que como hay dos tipos diferentes de puente en monturas plásticas; tipo silla para narices largas y anchas, y tipo llave para narices cortas y estrechas. Hubiera sido conveniente haber realizado dos tipos de protectores de nariz, uno para cada tipo de puente, ya que tanto las dimensiones de la nariz como del puente son diferentes, por lo que tanto el ajuste al puente como a la nariz es diferente.

CONCLUSIONES Y DISCUSIÓN

Analizando la simulación de ajuste del protector lateral con la montura y la cara de la cabeza, podemos concluir que:

1. Puede proteger de golpes o cortes por objetos o herramientas, de proyección de fragmentos, partículas y líquidos, y de contacto con líquidos criogénicos y sustancias cáusticas, excepto por la parte inferior, por lo que en general, proporciona una buena protección, sobretodo frontal, lateral y superiormente, cumpliendo los requisitos de seguridad de una gafa de protección en laboratorios químicos.
2. Lateralmente puede proteger de exposición a radiaciones, pero frontalmente no. Por ello, una solución sería que las lentes oftálmicas de las monturas llevaran un filtro selectivo que cortase las longitudes de onda correspondientes a las radiaciones dañinas que se quisieran evitar. Por ejemplo, aplicándoles el antirreflejante UVProtect de la casa comercial Zeiss, podrían proteger de todas las radiaciones ultravioleta (hasta los 400nm). Esto se podría aplicar en aquellos usuarios que quieran protegerse de productos químicos en exteriores.
3. Se ajusta a la cara, quedando un hueco por la parte inferior, por lo que no cierra completamente. Esto tiene el inconveniente de que por abajo no protege, como se ha comentado antes, pero le permite a la vez una buena ventilación, que provocará que no se empañen las lentes, por lo que no será necesario sistema de ventilación indirecta como se había pensado. Además, dicho hueco inferior le permite que se pueda usar con mascarilla, y si se quisiera que el protector cierre herméticamente con la cara, se podrían añadir partes blandas de ajuste, tipo goma.
4. El protector superior permite que el sudor de la frente de la persona no caiga directamente sobre las lentes y se acumule en ellas.
5. Se puede usar con protectores auditivos.
6. Según el material que hubiera sido utilizado en la impresión 3D, podría haber sido transparente, proporcionando un buen campo visual, y también hubiera podido ser ligero según dicho material.
7. No se puede plegar la montura con los protectores puestos, por lo que para guardarlos se tendrían que desacoplar de la montura, o ser de usar y tirar.
8. Para monturas redondas este protector no ajustaría, por lo que es necesario un protector diferente para las diferentes formas, es decir, uno para las redondas y otro para las rectangulares. Añadir que como no se tenía una montura redonda, no ha podido ser analizado el ajuste del protector para monturas redondas que hicimos.

En resumen, este protector cumple los requisitos principales analizados que son necesarios para realizar la función de protección frente a riesgos en un laboratorio químico. Además, podría haber sido perfeccionado si hubiera sido posible profundizar más en ello, si no hubiera ocurrido la emergencia sanitaria, ya que se podría haber imprimido en 3D y, con ello, comprobar los ajustes con nuestras propias manos, así como, haberlo llevado a la práctica con pruebas funcionales y una evaluación de un rango de usuarios.

BIBLIOGRAFÍA Y WEBGRAFÍA

1. Salvadó Arqués, J., Fransoy Bel, M. “*Tecnología óptica. Lentes oftálmicas, diseño y adaptación. Capítulo 19: Diseño de monturas*”. Edicions UPC. 2001.
2. Unidad de Prevención de Riesgos Laborales. Universidad de Zaragoza.
3. RD 733/95 *Utilización de Equipos de Protección Individual*.
4. ISO 8980-1: 2017 “*Lentes terminadas sin biselar. Parte 1: especificaciones lentes monofocales y multifocales*”. CTN 45 Óptica oftálmica. AENOR. UNE 2018.
5. UNE-EN-ISO 8624: 2011 “*Montura de gafas. Sistemas de medida y terminología*”. CTN 45 Óptica oftálmica. AENOR. UNE 2011.
6. UNE-EN ISO 2187: 2017 “*Lentes oftálmicas montadas*”. CTN 45 Óptica oftálmica. AENOR. UNE 2017.
7. UNE-EN ISO 10685-3: 2012 “*Catálogo electrónico de monturas de gafas y gafas de sol e identificación. Parte 3: Información técnica*”. CTN 45 Óptica oftálmica. AENOR. UNE 2012.
8. Salvadó Arqués, J., Fransoy Bel, M. “*Tecnología óptica. Lentes oftálmicas, diseño y adaptación. Capítulo 21: Adaptación de prescripciones*”. Edicions UPC. 2001.
9. EN 166:2011 “*Protección individual de los ojos*”. INSHT. Ministerio de empleo y seguridad social. Gobierno de España.
10. Folleto informativo protectores oculares Medop, S.A.
11. Gafas de protección de montura universal. INSHT. Ministerio de empleo y seguridad social. Gobierno de España. Rev 2 (junio 2014).
12. Gafas de protección de montura integral. INSHT. Ministerio de empleo y seguridad social. Gobierno de España. Rev 2 (junio 2014).
13. Pantallas faciales. INSHT. Ministerio de empleo y seguridad social. Gobierno de España. Rev 2 (junio 2014).
14. HP 3D Structured Light Scanner Software and Driver Downloads. HP Development Company, LP. 2020. Acceso en junio 2020: <https://support.hp.com/us-en/drivers/selfservice/hp-3d-structured-light-scanner/14169438>
15. Peña Baquedano, J. “*Herramientas Gráficas y Diseño Óptico. Tipos de modelado*”. Universidad de Zaragoza. 2019.
16. Salvadó Arqués, J., Fransoy Bel, M. “*Tecnología óptica. Lentes oftálmicas, diseño y adaptación. Capítulo 20: Alineamiento y ajuste de monturas*”. Edicions UPC. 2001.
17. Menéndez López-Mateos, ML., Carreño-Carreño, J., Palma, J.C., Alarcón, J.A., Menéndez López-Mateos, M. “*Análisis fotográfico tridimensional de la cara en adultos europeos del sur de España con oclusión normal: mediciones antropométricas de referencia*”. BMC Oral Health. NCBI. 2019; 19: 196. Acceso en mayo 2020: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6714104/>

ANEXO I. INSTRUMENTAL/EQUIPOS DE TRABAJO EN EL QUE ES OBLIGATORIO USAR GAFA DE SEGURIDAD

Según la Unidad de Prevención de Riesgos Laborales de la Universidad de Zaragoza no es obligatorio usar gafa de seguridad con 5 instrumentos².

Instrumental/ Equipos de trabajo en el que es obligatorio usar gafa de seguridad²:

1. Espectrofotómetro de absorción atómica
2. Agitador magnético con placa térmica (mascarilla)
3. Agitador orbital (mascarilla)
4. Autoclave
5. Balanza analítica (mascarilla)
6. Baño de agua caliente (mascarilla)
7. Baño de arena (mascarilla)
8. Baño frío (mascarilla)
9. Baño ultrasonidos (mascarilla y protectores auditivos)
10. Centrifuga de eppendorf (mascarilla)
11. Centrifuga de tubos (mascarilla)
12. Compresor de aire (mascarilla y protectores auditivos)
13. Conductímetro (mascarilla)
14. Congelador -80°C (mascarilla)
15. Deward de N₂ líquido
16. Deward de Helio
17. Estufa (mascarilla)
18. Estufa cultivo (mascarilla)
19. Estufa cultivo con CO₂ (mascarilla)
20. Horno (mascarilla)
21. Horno de fundir metal (mascarilla)
22. Mechero Bunsen (mascarilla)
23. Mufla (mascarilla)
24. Nevera frigorífica (mascarilla)
25. PH-metro (mascarilla)
26. Placa calefactora (mascarilla)
27. Rotavapor (mascarilla)
28. Termoblock (mascarilla)
29. Termociclador aparato PCR
30. Ultrasonidos (mascarilla y protectores auditivos)
31. Vortex (mascarilla)

Conclusión:

Es obligatorio usar gafas de seguridad con 31/36 (86.11%) de los instrumentos de un laboratorio.

Entre los cuales, el 26/31 (83.87%) necesitan también el uso de mascarilla, y el 3/31 (9.68%) el uso de protectores auditivos.

ANEXO II. REQUISITOS ÓPTICOS

Tabla 1 – Tolerancias de las potencias de vértice posterior de lentes

Valores en dioptrías (D)

Potencia del meridiano principal con mayor valor absoluto de la potencia de vértice posterior	Tolerancia de la potencia de vértice posterior de cada meridiano principal	Tolerancia del valor absoluto de la potencia cilíndrica			
		$\geq 0,00$ y $\leq 0,75$	$> 0,75$ y $\leq 4,00$	$> 4,00$ y $\leq 6,00$	$> 6,00$
$\geq 0,00$ y $\leq 3,00$	$\pm 0,12$	$\pm 0,09$	$\pm 0,12$	$\pm 0,18$	–
$> 3,00$ y $\leq 6,00$	$\pm 0,12$	$\pm 0,12$	$\pm 0,12$	$\pm 0,18$	$\pm 0,25$
$> 6,00$ y $\leq 9,00$	$\pm 0,12$	$\pm 0,12$	$\pm 0,18$	$\pm 0,18$	$\pm 0,25$
$> 9,00$ y $\leq 12,00$	$\pm 0,18$	$\pm 0,12$	$\pm 0,18$	$\pm 0,25$	$\pm 0,25$
$> 12,00$ y $\leq 20,00$	$\pm 0,25$	$\pm 0,18$	$\pm 0,25$	$\pm 0,25$	$\pm 0,25$
$> 20,00$	$\pm 0,37$	$\pm 0,25$	$\pm 0,25$	$\pm 0,37$	$\pm 0,37$

Tabla 2 – Tolerancias de la dirección del eje del cilindro

Potencia cilíndrica en valor absoluto, en dioptrías (D)	$< 0,12$	$\geq 0,12$ y $\leq 0,25$	$> 0,25$ y $\leq 0,50$	$> 0,50$ y $\leq 0,75$	$> 0,75$ y $\leq 1,50$	$> 1,50$
Tolerancia de la dirección del eje del cilindro, en grados (°)	Ningún requisito	± 14	± 7	± 5	± 3	± 2

Tabla 3 – Tolerancias de la potencia de adición para lentes multifocales

Valores en dioptrías (D)

Valores de la potencia de adición	$\leq 4,00$	$> 4,00$
Tolerancia	$\pm 0,12$	$\pm 0,18$

Tabla 4 – Tolerancia prismática

Valores en dioptrías de prisma (Δ)

Valor más alto del componente del prisma total	Tipo de lente		
	Monofocales	Lentes multifocales y monofocales específicas de la posición	
		Componente horizontal	Componente vertical
$\geq 0,00$ y $\leq 2,00$	$\pm[0,25 + (0,1 \times S)]$	$\pm[0,25 + (0,1 \times S)]$	$\pm[0,25 + (0,05 \times S)]$
$> 2,00$ y $\leq 10,00$	$\pm[0,37 + (0,1 \times S)]$	$\pm[0,37 + (0,1 \times S)]$	$\pm[0,37 + (0,05 \times S)]$
$> 10,00$	$\pm[0,50 + (0,1 \times S)]$	$\pm[0,50 + (0,1 \times S)]$	$\pm[0,50 + (0,05 \times S)]$
NOTA 1 S es la potencia focal, en dioptrías, en el meridiano de la potencia principal de mayor valor absoluto.			
NOTA 2 $(0,1 \times S)$ corresponde al efecto prismático de un desplazamiento de 0,1 cm (1 mm), mientras que $(0,05 \times S)$ corresponde al efecto prismático de un desplazamiento de 0,05 cm (0,5 mm).			

NOTA Un ejemplo de la aplicación de las tolerancias en la tabla 4 a una potencia de lejos de +0,50 D esfera/-2,50 D eje del cilindro 20° para una prescripción de lente multifocal cuya potencia prismática no sea superior a 2,00 Δ es el siguiente:

Para esta prescripción, las potencias principales son +0,50 D y -2,00 D de forma que la potencia principal mayor en valor absoluto es 2,00 D. Para una potencia de 2,00 D, la tolerancia horizontal es $\pm[0,25 + (0,1 \times 2,00)] = \pm 0,45 \Delta$. La tolerancia vertical es $\pm[0,25 + (0,05 \times 2,00)] = \pm 0,35 \Delta$.

ANEXO III. REQUISITOS GEOMÉTRICOS

Entre los requisitos geométricos, cabe destacar lo siguiente:

Para las lentes especificadas por su diámetro, las tolerancias del tamaño deben ser las siguientes:

Tamaño efectivo (real, en milímetros), d_e : $d_n - 1\text{mm} \leq d_e \leq d_n + 2\text{mm}$; siendo d_n el tamaño nominal, el indicado por el fabricante en milímetros⁴.

Tamaño útil (área ópticamente utilizable, en milímetros), d_u : $d_u \geq d_n - 2\text{mm}$; aunque no es aplicable para lentes que tengan intersecciones de curvas, como las lenticulares⁴.

Además, el espesor de la lente no se debe desviar del valor especificado en la orden de dispensación o acordado en más de $\pm 0.3\text{mm}$ ⁴.

Aunque, dado que el tamaño y espesor de las lentes trabajadas para una forma particular estarán inevitablemente sujetos a los requisitos de la montura en la que se montarán las lentes, estas tolerancias del tamaño y espesor no son aplicables a estas lentes. Tales tolerancias deben acordarse entre el solicitante y el proveedor⁴.

Por otro lado, cada una de las dimensiones del segmento de las lentes multifocales (anchura, profundidad y profundidad intermedia) no debe desviarse de su valor nominal más de $\pm 0.5\text{mm}$ ⁴.

Además, ninguna lente debe exhibir ningún defecto ya sea internamente o en superficies que pueda mermar la visión⁴.

ANEXO IV. MEDIDA DE MONTURAS

Montura	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Distancia entre lentes (d)	20	19	18	18	16	17	20	16	17	19	17
Tamaño horizontal de la lente (a)	49	52	52	56	51	53	54	55	53	55	57
Tamaño vertical de la lente (b)	46	40	46	37	41	42	44	39	45	38	43
Diámetro efectivo	51	55	52	55	51	52	54	53	55	51	
Curva envolvente	3°	2°	4°	3°	3°	2°	2°	2°	4°	3°	2°
Ángulo pantoscópico	7°	7°	9°	8°	7°	7°	7°	7°	7°	8°	7°
Longitud varilla estirada (l)	140	140	135	145	145	145	140	140	145	140	140
Ángulo de talón	94°	96°	93°	95°	95°	95°	96°	95°	95°	95°	95°
Curvatura del terminal de la varilla	16°	18°	18°	14°	18°	15°	15°	15°	15°	15°	15°

Tabla 11: Medida en mm y en grados de diferentes parámetros de varias monturas

ANEXO V. BOCETOS

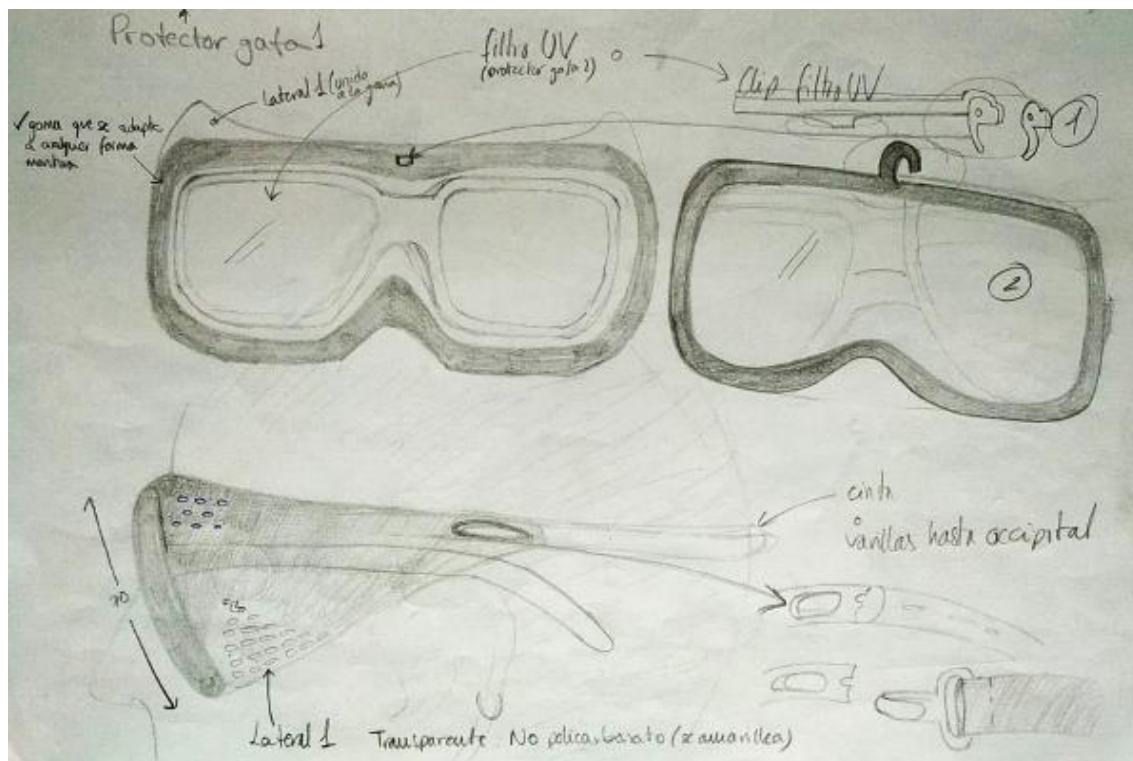


Ilustración 30: Protector gafa 1

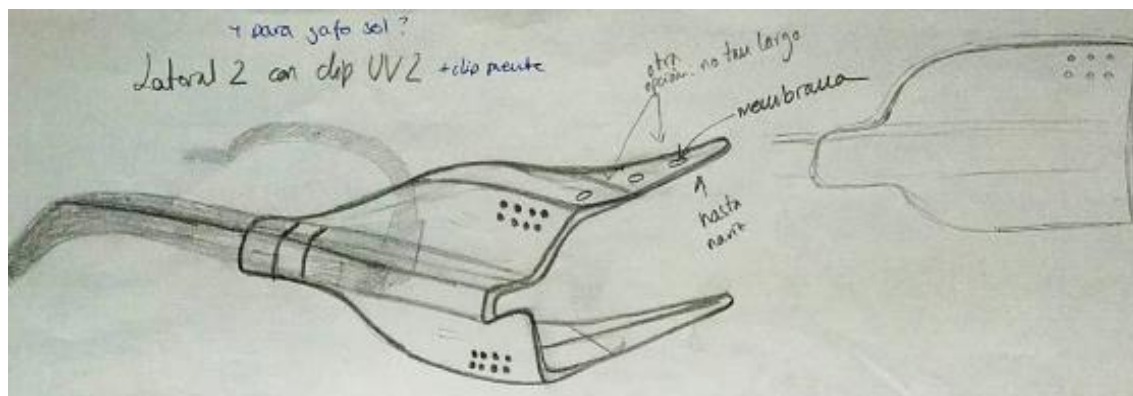


Ilustración 31: Protector gafa 2

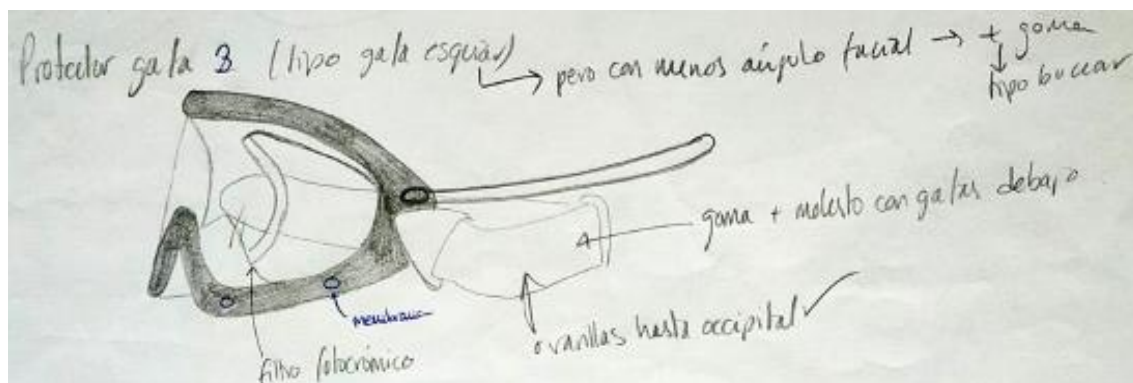


Ilustración 32: Boceto protector 3

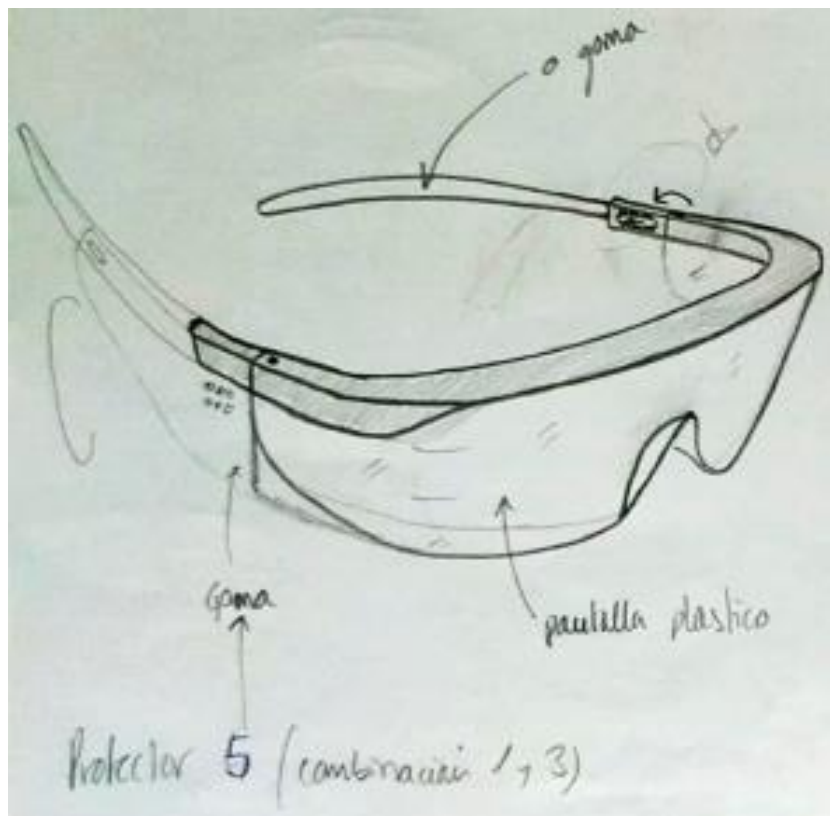


Ilustración 33: Protector gafa 4 y protector gafa 5

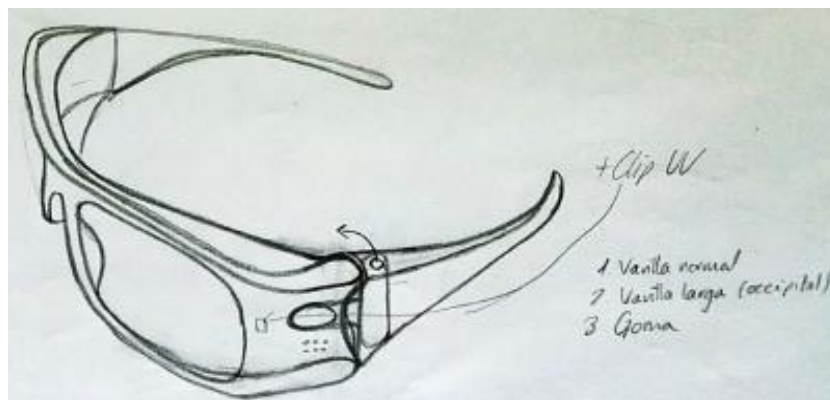


Ilustración 34: Boceto gafa 1

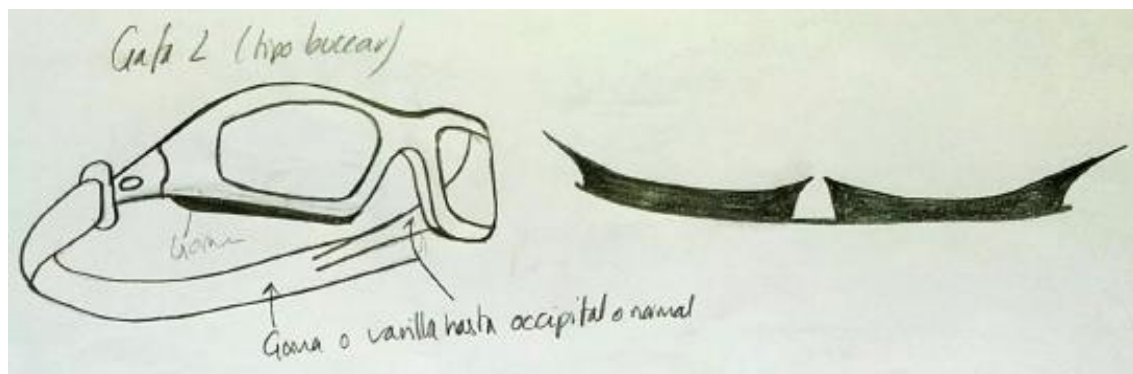


Ilustración 35: Boceto gafa 2



Ilustración 36: Boceto protector nariz 1

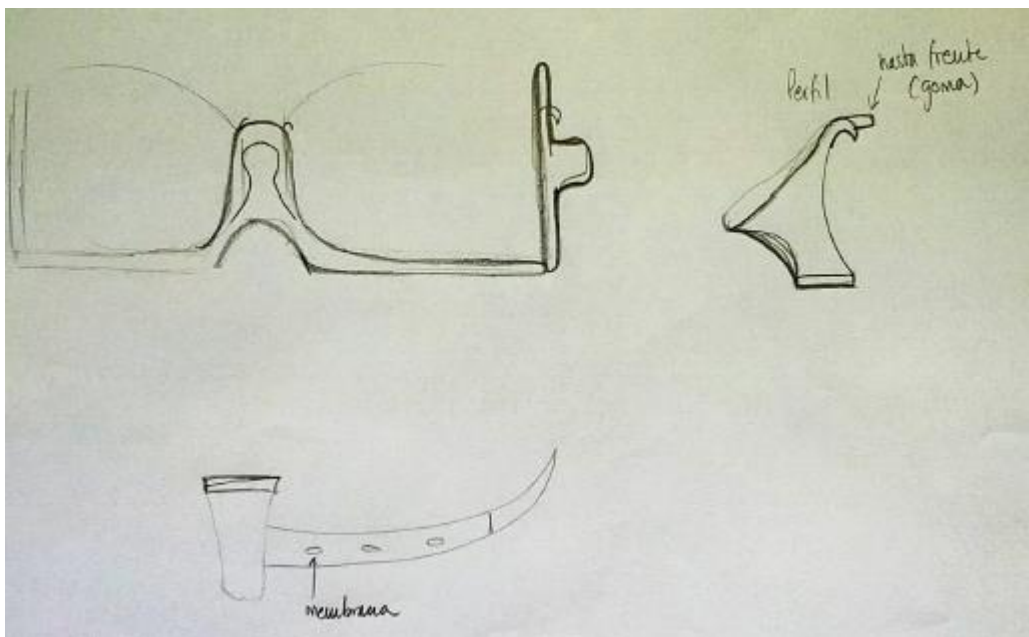


Ilustración 37: Boceto protector nariz 2



Ilustración 38: Boceto enganche protector

ANEXO VI. MEDIDAS PROTECTOR DE REFERENCIA

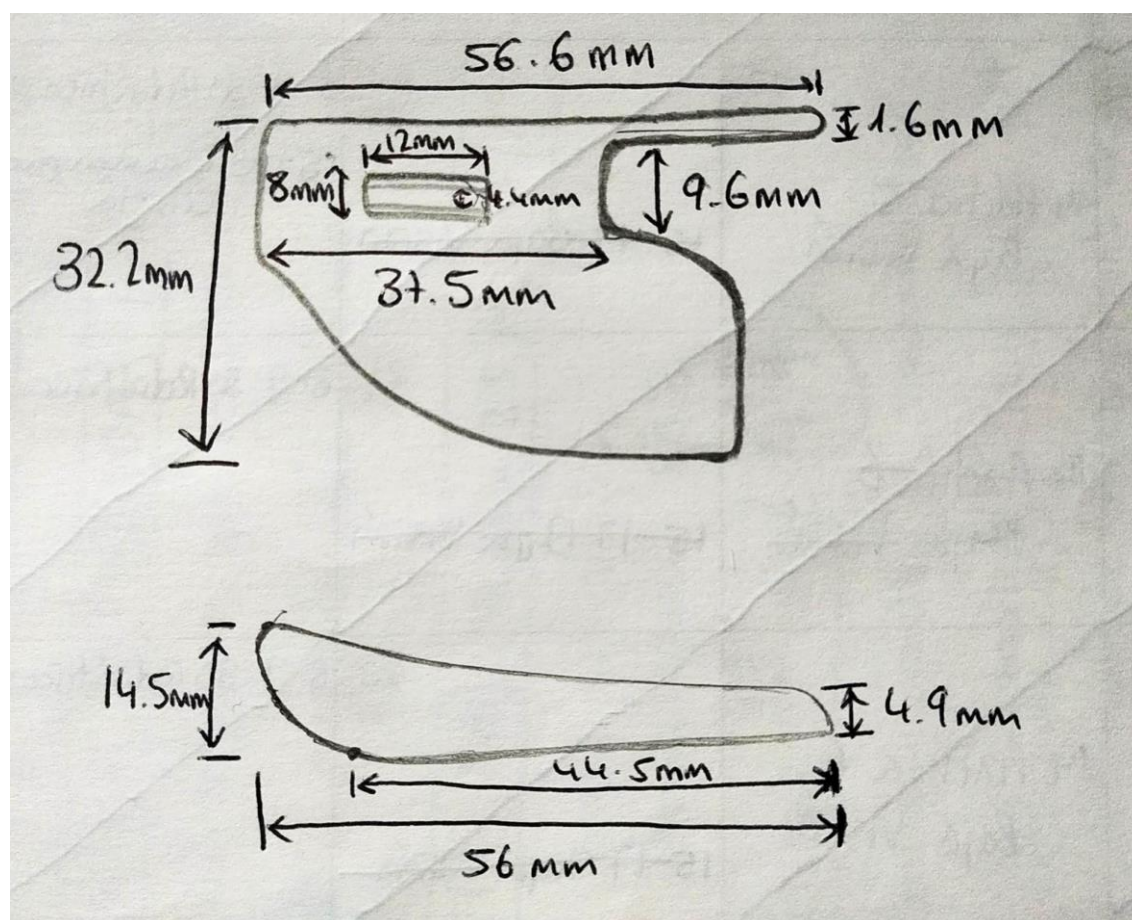


Ilustración 39: Medidas protector referencia

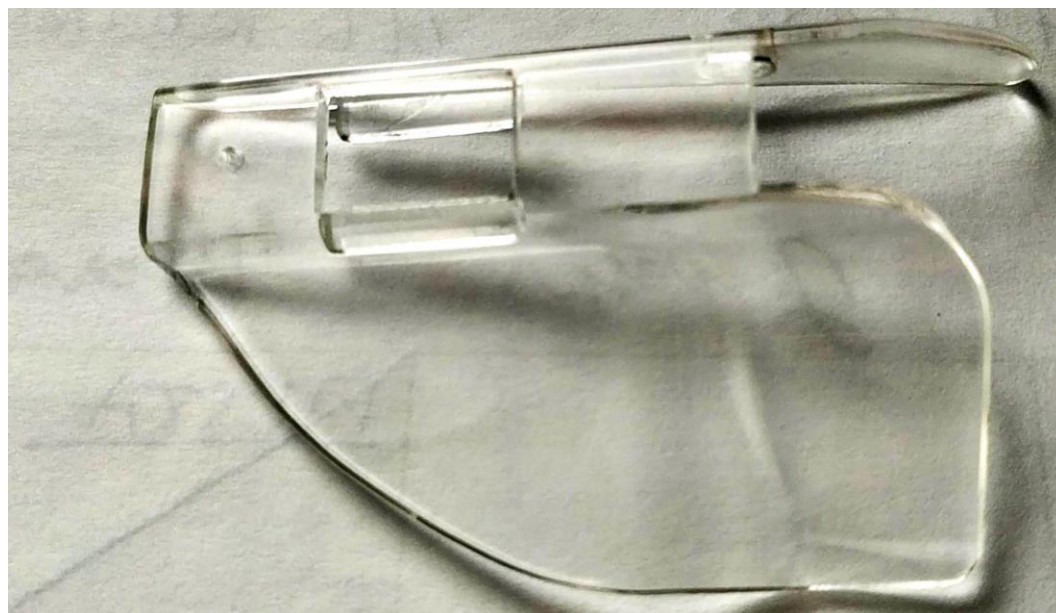


Ilustración 40: Protector de referencia

ANEXO VII. MEDIDAS UTILIZADAS PARA EL PROTECTOR DE NARIZ

	Hombres	Mujeres	Media
Altura Nariz (mm)	56.94	56.17	56.6 (57)
Longitud del puente nasal	48.35	47.56	47.96 (48)
Ancho nasal	36.62	31.15	33.89 (34)
Ancho base raíz alar	23.17	20.17	21.67 (22)

Tabla 12: Medidas nariz¹⁷

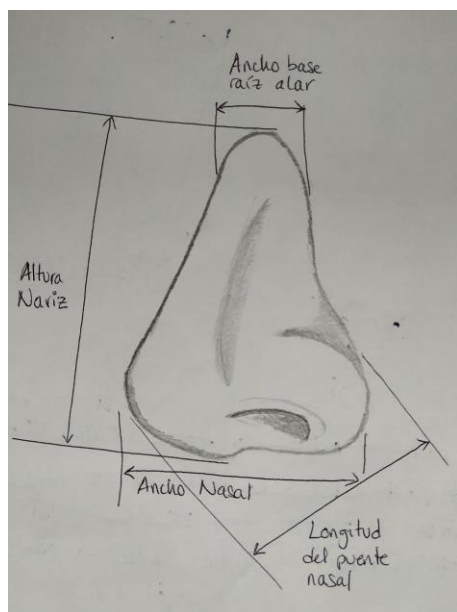


Ilustración 41: Parámetros nariz

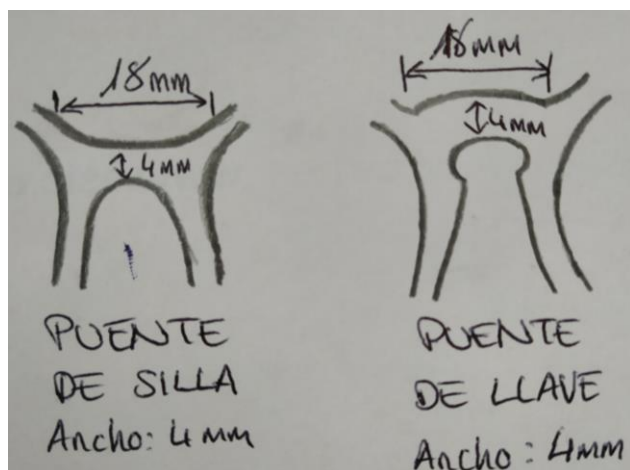


Ilustración 42: Tipos de puente y medidas para ajustar protector nariz con puentes

ANEXO VIII. ENCUESTA EVALUACIÓN REQUISITOS PROTECTOR

Marque de 1 a 5, de menos a más puntuación.

¿Le permite una buena ventilación?

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

¿Resiste al empañamiento?

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

¿Lo puedes usar con mascarilla?

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

¿Lo puedes usar con protectores auditivos?

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

¿Le permite un amplio campo visual? ¿O le interfiere en determinadas direcciones de mirada?

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

¿Le es ligero? ¿O le pesa? ¿Le es incómodo?

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

¿Se le ajusta a la cara?

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

¿Le puedes poner filtros?

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

¿Le protege frontal y lateralmente?

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

¿Le cierra completamente con la cara o se quedan algunos huecos al ajustársela?

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

¿Le protege de golpes o cortes por objetos o herramientas?

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

¿Le protege de proyección de fragmentos?

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

¿Le protege de proyección de partículas?

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

¿Le protege de proyección de líquidos?

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

¿Le protege de líquidos criogénicos?

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

¿Le protege de sustancias cáusticas y/o corrosivas?

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

¿Les protege frente a radiaciones (ultravioleta, radiaciones ionizantes)?

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

¿Alguna recomendación para mejorarlo? ¿Qué cambiarías? ¿sugerencias?

ANEXO IX. ALINEAMIENTO DE LA MONTURA

La verificación del alineamiento de las monturas al final del proceso de fabricación se realiza por inspección visual, y mediante comparación con los planos técnicos del modelo de la montura¹⁶.

La primera operación de verificación consiste en comprobar el alineamiento del frente. Con una regla se comprueba el alineamiento horizontal, en el que se pueden observar dos situaciones: frente plano (Figura 43) o meniscado (Figura 44)¹⁶.

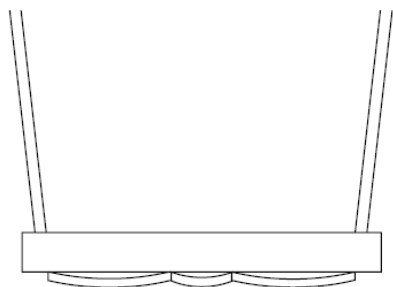


Ilustración 43: Frente plano: 4 puntos de contacto

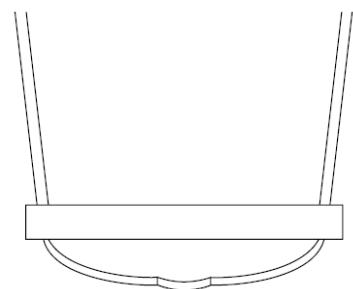


Ilustración 44: Frente meniscado: 2 puntos de contacto

Después, se comprueba el alineamiento vertical, sosteniendo la montura vertical, y colocando la regla horizontalmente por la cara posterior de la montura, paralelamente a la línea datum, a la altura de las plaquetas (Figura 45). En esta prueba puede ocurrir que los dos aros no estén alineados, sino retorcidos. Esto puede corregirse con el apropiado ajuste del puente (Figura 46)¹⁶.

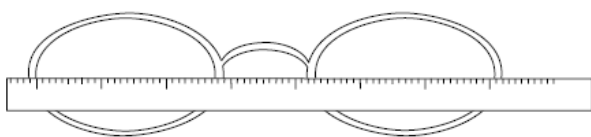


Ilustración 45: Comprobación del alineamiento vertical de la montura

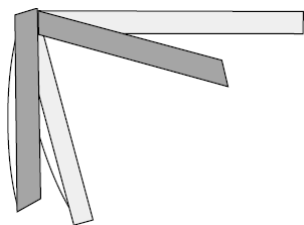


Ilustración 46: Aros en distinto plano. Reajustar el puente.

La verificación continúa con el alineamiento de las varillas, mediante el ajuste del ángulo del talón y del ángulo pantoscópico. El primero no debe superar los 95° (Figura 47), para posibilitar que las dos varillas tengan el mismo ángulo pantoscópico, y éste, el segundo, no debe superar los 10°.

Para comparar el ángulo pantoscópico en ambos ojos, basta con poner la montura sobre una superficie plana (Figura 48). La varilla que no contacta con la superficie es la de mayor ángulo pantoscópico.

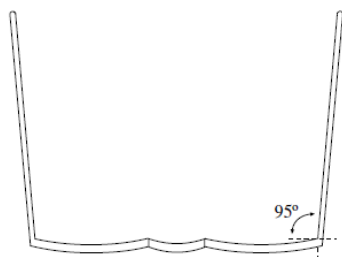


Ilustración 47: Alineamiento de las varillas por ajuste del ángulo del talón.

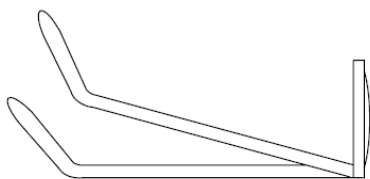


Ilustración 48: Verificación del ángulo pantoscópico.

ANEXO X. MARCADO GAFAS DE PROTECCIÓN DE MONTURA UNIVERSAL Y ENSAYOS

El campo de uso (riesgos que protege) de cada protector se deduce de sus marcas. Se distinguen dos sistemas de marcado. Por un lado, el marcado independiente del ocular (o visor) y de la montura (o adaptador). Por el otro, el marcado conjunto de los protectores oculares y la montura^{9, 10}.

MARCADO DEL OCULAR

Los protectores oculares pueden disponer de oculares de vidrio, de material orgánico (policarbonato, acetato...) o de malla (de plástico, textil o metálica). Estos últimos van a ofrecer protección principalmente frente a impactos de partículas⁹.

Clase de protección (sólo filtros): 2-1,2

Identificación del fabricante: X

Clase óptica (excepto cubrefiltros): 1

Símbolo de resistencia mecánica (si procede): F

Símbolo de resistencia al deterioro superficial por partículas finas, antirayado (si procede): K

Símbolo de resistencia al empañamiento (si procede): N

Símbolo de alta reflectancia (si procede): R

Símbolo de ocular original o de recambio (si procede): O/ Δ

Reconocimiento mejorado del color: C

Símbolo para arco eléctrico debido a cortocircuito en equipos eléctricos: 8

Símbolo de no adherencia a metales fundidos y resistencia a la penetración de sólidos calientes: 9

ACLARACIONES:

Clase de protección = Código + grado de protección

Tipo de radiación	Soldadura	Ultravioleta	Infrarrojo	Radiación solar
Código	—	2 (puede alterar el reconocimiento de los colores) 0 3 (permite buen reconocimiento del color)	4	5 (sin especificaciones en el IR) 0 6 (con especificaciones en el IR)

Tabla 13: Códigos clase de protección de los oculares⁹

Filtros de soldadura	Filtros ultravioleta		Filtros infrarrojos	Filtros para protección solar	
Grado de Protección	Nº Código 2	Nº Código 2C	Nº Código 4	Nº Código 5	Nº Código 6
1,2	2-1,2	2C-1,2	4-1,2	5-1,1	6-1,1
1,4	2-1,4	2C-1,4	4-1,4	5-1,4	6-1,4
1,7	2-1,7	2C-1,7	4-1,7	5-1,7	6-1,7
2	2-2	2C-2	4-2	5-2	6-2
2,5	2-2,5	2C-2,5	4-2,5	5-2,5	6-2,5
3	2-3	2C-3	4-3	5-3,1	6-3,1
4	2-4	2C-4	4-4	5-4,1	6-4,1
5	2-5	2C-5	4-5		
6			4-6		
7			4-7		
8			4-8		
9			4-9		
10			4-10		
11					
12					
13					
14					
15					
16					

NOTAS: Código 2: El filtro puede afectar al reconocimiento de colores.
Código 2C: El filtro tiene buen reconocimiento de colores.
Código 4: Filtro infrarrojo.
Código 5: No tiene especificación de infrarrojos.
Código 6: Tiene especificación de infrarrojos.

Los filtros de protección solar fotocromáticos se marcan separando con el signo < los números de escala más claro y más oscuro. Se emplea el signo / si son filtros degradados.

Tabla 14: Grado de protección filtros oculares¹⁰

Los grados de protección 5-4.1 y 6-4.1, no son aptos para conducción vial. Ninguno sirve para observación directa del sol (EN 172/A2: 2002)⁹.

Los filtros ultravioletas no son adecuados para observar directa o indirectamente un arco eléctrico. La elección del filtro adecuado depende del grado de deslumbramiento (EN 170:2003)⁹.

Número de escala	Aplicación típica en función de la temperatura media de la fuente, en °C
4-1,2	Hasta 1050
4-1,4	1070
4-1,7	1090
4-2	1110
4-2,5	1150
4-3	1190
4-4	1290
4-5	1390
4-6	1510
4-7	1650
4-8	1810
4-9	1990
4-10	2220

Tabla 15: Escala filtros ultravioletas según temperatura media de la fuente¹⁰

Clase óptica (calidad óptica): 1, 2 o 3 (según EN 166:2001 (sólo para oculares neutros)), siendo la clase óptica 1 la que ofrece mejor calidad de visión. Cuanto peor sea la clase óptica, más incómodo resulta el uso del protector de manera que, si el protector es de clase óptica 3, no debe utilizarse durante largos períodos de tiempo⁹.

Oculares graduados clase óptica 1: la potencia frontal cumple ISO/DIS 8980-1 e ISO/DIS 8980-2.¹⁰

CLASE ÓPTICA	POTENCIA REFRACTIVA ESFÉRICA $\frac{(D_1+D_2)}{2}$ (D,m ⁻¹)	POTENCIA REFRACTIVA ASTIGMÁTICA $ D_1-D_2 $ (D,m ⁻¹)	DIFERENCIA EN POTENCIA REFRACTIVA PRISMÁTICA (Δ , cm/m)		
			Horizontal		Vertical
			Base externa	Base interna	
1	±0.06	0.06	0.75	0.25	0.25
2	±0.12	0.12	1.00	0.25	0.25
3	±0.12 -0.25	0.25*	1.00	0.25	0.25

Tabla 16: Aclaraciones ópticas del grado de clase óptica de los oculares¹⁰

Nota: D1 y D2 son las potencias refractivas de los dos meridianos principales. Los ejes de los meridianos principales de los dos oculares serán paralelos entre $\pm 10^\circ$.

Símbolos de resistencia mecánica:

Símbolo	Requisito relativo a la resistencia mecánica
Sin letra	Solidez mínima (cubrefiltros y oculares filtrantes)
S	Solidez aumentada (bola de acero de 22mm a 5.1m/s)
F	Impactos de alta velocidad y baja energía (bola de acero de 6mm a 45m/s)
B	Impactos de media energía (bola de acero de 6mm a 120m/s)
A	Impactos de alta energía (bola de acero de 6mm a 190m/s)

Tabla 17: Símbolos resistencia mecánica⁹

Resistencia al empañamiento: está relacionado con los tratamientos que algunos llevan con objeto de retardar o evitar la aparición del empañamiento. No obstante, hay que tener en cuenta que el diseño de la montura del protector ocular en función de su geometría, proximidad a la cara y existencia de ventilación adecuada tiene gran influencia en la aparición de este problema. Por otro lado, se debe tener en cuenta que, si la montura presenta ventilación directa o indirecta, no podrá reunir determinados campos de uso².

Resistencia al deterioro superficial por partículas finas: el ocular que reúne este requisito dispone de un recubrimiento resistente a la abrasión con objeto de proporcionarle una mayor vida útil².

Alta reflectancia en el infrarrojo: cuando hay riesgo de exposición a fuentes de radiación óptica con una componente alta de infrarrojo, puede ser aconsejable que el ocular reúna este requisito, además de que ofrezca protección específica frente al tipo de radiación de que se trate².

MARCADO DE LA MONTURA

Identificación del fabricante: X

Número de la norma UNE EN 166:2001, que cubre este protector: 166

Número que indica el campo de uso: Tabla 18.

Símbolo de solidez incrementada/resistencia a impactos de partículas a alta velocidad (si procede): F, B o A (Si se requiere protección contra partículas a alta velocidad a temperaturas extremas, el protector ocular utilizado debe tener marcada la letra T, después de la letra del impacto)

Símbolo indicador de que el protector está previsto para cabezas pequeñas (si procede): H

El mayor grado de protección de los filtros compatibles con la montura (cuando proceda): 2,5/3,5

Símbolos de campo de uso:

Símbolo	Denominación	Descripción del campo de uso
Sin símbolo	Uso básico	Riesgos mecánicos sin especificar y riesgos debidos a la radiación UV, IR solar y visible
3	Líquidos	Líquidos (gotas y salpicaduras)
4	Partículas gruesas de polvo	Partículas de polvo con un tamaño superior a 5 micras
5	Gas y partículas finas de polvo	Gases, vapores, sprays, humo y partículas de polvo con un tamaño inferior a 5 micras.
8	Arco de cortocircuito eléctrico	Arco eléctrico debido a cortocircuito en equipos eléctricos
9	Metales fundidos y sólidos calientes	Salpicaduras de metales fundidos y penetración de sólidos calientes

Tabla 18: Símbolos de campo de uso¹⁰

MARCADO CONJUNTO

El marcado del este tipo de oculares estará situado sobre la montura y consiste en el marcado del ocular, tal y como se ha descrito anteriormente, seguido por un guion y el marcado de la montura como se ha indicado en el apartado anterior, pero sin la identificación del fabricante ya que está incluida en el marcado del ocular⁹.

Si los símbolos S, F, B o A no son iguales para el ocular y la montura, se tomará el nivel más bajo para el protector completo¹⁰.

NORMAS ARMONIZADAS DE REQUISITOS Y ENSAYOS APLICABLES⁹

De requisitos generales:

UNE EN 166:2002 “*Protección de los ojos. Especificaciones*”

De requisitos específicos:

UNE EN 170: 2003 “*Filtros para ultravioleta*”

UNE EN 171:2002 “*Filtros para infrarrojo*”

UNE EN 172:1995 “*Filtros de protección solar para uso laboral*”

UNE EN 1836:2006 “*Gafas de sol y filtros de protección contra la radiación solar para uso general y filtros para la observación directa del sol*”

EN ISO 12312-1:2013 “*Gafas de sol y artículos de sol asociados. Parte 1: Gafas de sol para uso general*”

De ensayos:

UNE EN 167:2002 “*Protección de los ojos. Métodos de ensayo ópticos*”

UNE EN 168:2002 “*Protección de los ojos. Métodos de ensayo no ópticos*”

ANEXO XI. NORMATIVA (CTN 45)

1. UNE-EN ISO 10322-1:2016 “Óptica oftálmica. Placas semiacabadas para gafas. Parte 1: Especificaciones para placas monofocales y multifocales”
Especifica los requisitos para las propiedades ópticas y geométricas de las placas (lentes en bruto) semiacabadas monofocales y multifocales para gafas.
2. UNE-EN ISO 10322-2:2016 “Óptica oftálmica. Placas semiacabadas para gafas. Parte 2: Especificaciones para placas progresivas y regresivas”
Especifica los requisitos para las propiedades ópticas y geométricas de las placas (lentes en bruto) semiacabadas con superficies acabadas se potencia progresiva y regresiva (lentes progresivas ocupacionales).
3. UNE-EN ISO 10685-1:2012 “Óptica oftálmica. Catálogo electrónico de monturas de gafas y gafas de sol e identificación. Parte 1: Identificación del producto y jerarquía del producto en el catálogo electrónico”
Establece las reglas y los requisitos para la definición de un identificador único para las monturas de gafas y gafas de sol, y especifica la información de los datos y el formato de archivo utilizados para identificar monturas de gafas y gafas de sol. También se aplica a las gafas de sol clip-on.
4. UNE-EN ISO 10685-2:2016 “Óptica oftálmica. Catálogo electrónico de monturas de gafas y gafas de sol e identificación. Parte 2: Información comercial”.
Establece la información comercial y el formato de archivo utilizados para la montura de gafas y gafas de sol. También se aplica a las gafas de sol clip-on.
5. UNE-EN ISO 10685-3:2013 “Óptica oftálmica. Catálogo electrónico de monturas de gafas y gafas de sol e identificación. Parte 3: Información técnica”.
Especifica la información técnica y el formato de archivo utilizados para la venta de gafas y gafas de sol y para optimizar la comercialización y el procesamiento de lentes para una montura dada. También se aplica a las gafas de sol clip-on.
6. UNE-EN ISO 11380:1996 “Óptica e instrumentos de óptica. Óptica oftálmica. Plantillas”.
Especifica las características de las plantillas que son utilizadas en máquinas de corte para lentes destinadas a su adaptación en monturas de gafas. No se aplica a plantillas especiales destinadas al tratamiento complementario de las lentes, por ejemplo, el tallado de los vidrios.
7. UNE-EN ISO 11381:2016 “Óptica oftálmica. Monturas de gafas. Roscas”.
Especifica las características de las roscas métricas ISO destinadas a las monturas de gafas. Afecta a roscas con las siguientes dimensiones nominales: S0.8x0.2; M1.0x0.25; M1.2x0.25; M1.4x0.3; M1.6x0.35 y M2.0x0.4, así como a los machos de rosca y calibres correspondientes.
8. UNE-EN ISO 12870:2018 “Óptica oftálmica. Monturas de gafas. Requisitos generales y métodos de ensayo”.
Especifica los requisitos fundamentales relativos a las monturas de gafas sin lentes diseñadas para ser utilizadas con cualquier lente graduada. Es aplicable a las monturas en el punto de venta, por el fabricante o proveedor al minorista.

Se aplica a todos los tipos de monturas de gafas, incluidas las monturas al aire, semi-montadas al aire y monturas de gafas plegables. También se aplica a las monturas de gafas fabricadas en material orgánico natural.

No se aplica a las monturas de gafas hechas completamente a medida ni a los productos diseñados específicamente para proporcionar una protección individual del ojo.

9. UNE-EN ISO 13666:2019 “Óptica oftálmica. Lentes de gafas. Vocabulario”.
Define los términos relativos a la óptica oftálmica, específicamente a los semiterminados, lentes para gafas terminadas y para fines de ajuste.
10. UNE-EN ISO 14889:2014 “Óptica oftálmica. Lentes para gafas. Requisitos fundamentales para las lentes terminadas sin biselar”.
Especifica los requisitos esenciales para las lentes terminadas sin biselar para gafas. No es aplicable a las lentes para gafas de protección.
11. UNE-EN ISO 21987:2018 “Óptica oftálmica. Lentes oftálmicas montadas”.
Especifica los requisitos y los métodos de ensayo para las lentes oftálmicas montadas, en relación con la orden de dispensación.
12. UNE-EN ISO 7998:2007 “Óptica oftálmica. Monturas de gafas. Vocabulario y listas de términos equivalentes”.
Define los términos relativos a las monturas binoculares con varilla, y muestra los términos equivalentes en inglés, francés, ruso, alemán, italiano, español y americano para los componentes de estas monturas. No se aplica a las gafas-lupa.
13. UNE-EN ISO 8624:2011 “Óptica oftálmica. Monturas de gafas. Sistema de medida y terminología”.
Especifica un sistema de medición para las monturas de gafas y la terminología relacionada. Se aplica a los frentes previstos para ser simétricos.
14. UNE-EN ISO 8980-1:2018 “Óptica oftálmica. Lentes terminadas sin biselar para gafas. Parte 1: Especificaciones para lentes monofocales y multifocales”.
Especifica los requisitos y los métodos de verificación para las propiedades ópticas y geométricas de las lentes terminadas monofocales y multifocales sin biselar.
15. UNE-EN ISO 8980-2:2018 “Óptica oftálmica. Lentes terminadas sin biselar para gafas. Parte 2: Especificaciones para lentes con variación de potencia”.
Especifica los requisitos y los métodos de verificación para las propiedades ópticas y geométricas de lentes con variación de potencia terminadas sin biselar.
16. UNE-EN ISO 8980-3:2014 “Óptica oftálmica. Lentes terminadas sin biselar para gafas. Parte 3: Especificaciones de transmitancia y métodos de ensayo”.
Especifica los requisitos de las propiedades de transmitancia de las lentes para gafas terminadas sin biselar y montadas, incluyendo la atenuación de la radiación solar.
No es aplicable a:
 - Lentes para gafas con características particulares de transmitancia o absorbancia prescritas por razones médicas

- Productos a los que les son aplicables normas de transmitancia específicas para equipos de protección individual
 - Productos para la observación directa del sol, tales como para la visión de eclipses solares
17. UNE-EN ISO 8980-4:2007 “Óptica oftálmica. Lentes terminadas sin biselar para gafas. Parte 4: Especificaciones y métodos de ensayo para los recubrimientos antirreflejantes”.
- Especifica los requisitos ópticos y no ópticos, incluyendo la durabilidad y los métodos de ensayo para los recubrimientos antirreflejantes sobre las lentes para gafas.
- No cubre los siguientes aspectos: transmitancia y absorbancia; el color de la luz reflejada.
18. UNE-EN ISO 8980-5:2006 “Óptica oftálmica. Lentes terminadas sin biselar para gafas. Parte 5: Requisitos mínimos para las superficies de lentes resistentes a la abrasión”.
- Especifica los requisitos y métodos de ensayo para superficies de lentes oftálmicas que pretenden proporcionar un nivel básico de resistencia a la abrasión, incluidas las lentes con recubrimientos. Una lente oftálmica que se declara como resistente a la abrasión debe cumplir los requisitos tanto en las superficies interna como externa. La potencia y la forma de la superficie de las lentes están restringidas para el ensayo, a pesar de que los resultados del ensayo se aplican para reivindicaciones de lentes y superficies de lentes oftálmicas con otras propiedades diferentes de la potencia y radio de la superficie de la lente. No intenta definir las propiedades de las superficies de lentes con resistencia a la abrasión superior a los siguientes criterios ya definidos.
19. UNE-EN 14139:2010 “Óptica oftálmica. Especificaciones para las gafas premontadas”.
- Especifica los requisitos mínimos para las gafas premontadas completas. Estas gafas no están destinadas a un uso habitual sin la aprobación de un oftalmólogo u óptico-optometrista.

